Ellen Cristina Rodrigues Felix

**Análise funcional, isocinética e posturográfica de atletas com
lesão de ligamento cruzado anterior antes e após a
reconstrução anatômica com tendão flexor**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre em
Ciências.

Programa de Fisiopatologia
Experimental

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria D' Andrea Greve

São Paulo

2017

Ellen Cristina Rodrigues Felix

**Análise funcional, isocinética e posturográfica de atletas com
lesão de ligamento cruzado anterior antes e após a
reconstrução anatômica com tendão flexor**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para
obtenção do Título de Mestre em
Ciências. Versão corrigida. A
versão original encontra-se na
FMUSP.

Programa de Fisiopatologia
Experimental

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Maria D' Andrea Greve

São Paulo

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Felix, Ellen Cristina Rodrigues

Análise funcional, isocinética e posturográfica de atletas com lesão de ligamento cruzado anterior antes e após a reconstrução anatômica com tendão flexor Ellen Cristina Rodrigues Felix. -- São Paulo, 2017.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Fisiopatologia Experimental.

Orientadora: Julia Maria D' Andrea Greve

Descritores: 1.Equilíbrio postural 2.Avaliação isocinética 3.Retorno ao esporte 4.Lesões do ligamento cruzado anterior

DEDICATÓRIA

A Deus, pela fé que norteia minha vida e me sustenta em todos os momentos.

Aos meus pais, por me ensinarem o valor da educação, sonharem para mim oportunidades melhores do que as que eles tiveram e por se desdobrarem para eu tivesse acesso a elas. Agradeço, também, por todo amor, cuidado e por cuidarem da Beatriz com tanto amor e dedicação, possibilitando que cursasse o mestrado.

À minha filha, que transborda alegria e vive intensamente as descobertas da infância, me inspirando com sua alegria e curiosidade. E também pela paciência nas noites e finais de semana que precisei abdicar de momentos de lazer para finalizar este trabalho.

Ao meu namorado Edmar, pelo amor, incentivo, companheirismo, compreensão nos momentos de ausência, desabafos e por compartilhar momentos importantes comigo.

Às minhas avós, Beatriz e Aparecida, pelo carinho, cuidado e preocupação, e por representarem o caminho que percorri até chegar aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por capacitar-me para executar esse trabalho.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Júlia D'Andrea Greve, profissional maravilhosa e ser humano admirável. Agradeço pela oportunidade de desenvolver esse trabalho no LEM e realizar meu sonho. Agradeço também por compartilhar seu enorme conhecimento de forma tão paciente, generosa e simplificada. Sou muito grata por todo aprendizado que esta experiência me proporcionou.

À Natália Luna e Angélica Alonso, amigas que fiz no HC, que me acompanharam durante todo o desenvolvimento deste trabalho, dando valiosas contribuições.

Ao Dr. Tiago Lazzaretti Fernandes, por tudo que me ensinou e por todas as contribuições ao projeto, aos artigos e à dissertação.

Às minhas amigas Andréia Oliva e Gabriele Sanches Stella, por compartilharem comigo momentos importantes, inclusive dando suporte durante a caminhada do mestrado.

Às minhas amigas fisioterapeutas Daniele e Nathalie, pelas confidências, desabafos, risadas gratuitas e ajuda em todos os momentos. Vocês são presentes que a fisioterapia me trouxe, carregarei para sempre as lembranças dos momentos vividos, com a certeza de que muitos outros virão.

Aos Funcionários do laboratório por estarem sempre dispostos a ajudar, em especial Marcelo e André, que não mediram esforços para a realização das avaliações isocinéticas e à Sara por me ajudar no recrutamento dos voluntários.

À Daniele Frederici, uma amiga que a fisioterapia me presenteou, que revisou o texto desta dissertação com muita dedicação e amor.

Aos Voluntários, por se prontificarem a participar deste estudo tão pacientemente.

Aos meus pacientes, pela compreensão, apoio e paciência por minha ausência em alguns momentos importantes deste estudo.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”. (Marcel Proust).

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação: Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Diretrizes para apresentação de dissertações, teses e monografias. Parte IV (Vancouver). Elaborado por Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, Maria Cláudia Pestana, Maria Cristina Cavarette Dziabas, Eliana Maria Garcia, Maria Fátima dos Santos, Maria Marta Nascimento, Suely Campos Cardoso. 3ª ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2016.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURA, SIGLA E SÍMBOLOS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1. Ligamento Cruzado Anterior	18
3.2. Avaliação	19
3.2.1. Escalas funcionais	20
3.2.2. Posturografia e avaliação controle postural	21
3.2.3. “Hop Test”	23
3.2.4. Dinamometria isocinética.....	24
4. MÉTODOS	27
4.1. Desenho do estudo	27
4.2. Casuística	28
4.2.1. Cálculo do tamanho amostral	28
4.2.2. Critérios de Inclusão	29
4.2.3. Critérios de exclusão	30
4.2.4. Descrição da Casuística	30
4.2.5. Metodologia de Avaliação.....	32
4.2.5. Análise estatística.....	38
5. RESULTADOS	40
5.1. Escala de Atividade de Tegner	40
5.2. Teste de Salto “Hop Test”	40
5.3. Posturografia.....	41
5.4. Dinamometria isocinética	44

5.5. Correlações.....	47
6. DISCUSSÃO.....	51
6.1. Limitações do estudo	67
7. CONCLUSÕES.....	69
ANEXOS	70
REFERÊNCIAS	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos voluntários do GL e GC	31
Tabela 2 - Distribuição das frequências das variáveis: nível de atividade física de Tegner pré-lesão, gênero, categoria, dominância	32
Tabela 3 - Resultados da Escala de atividade de Tegner para grupo lca e grupo controle	40
Tabela 4 - Teste de Salto <i>Hop Test</i> distância e índice de simetria.....	41
Tabela 5 - Avaliação Posturográfica com movimento de flexão e chute do Grupo-lca e Grupo-Controlle	42
Tabela 6 – Dinamometria isocinética dos flexores e extensores de joelho do grupo-lca (GL) e grupo-controle (GC)	45
Tabela 7 – Correlação entre Posturografia e força muscular, e entre <i>Hop Test</i> e força muscular do GL lado operado e GC	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Plataforma de força.....	33
Figura 2 - Posturografia - A e B: flexão do joelho; C: chute	34
Figura 3 - “ <i>Single leg Hop Test for distance</i> ”	37
Figura 5 - Posturografia teste chute (oscilação no eixo Y) e força muscular dos músculos extensores.....	48
Figura 6 - Posturografia teste chute (oscilação no eixo Y) e força muscular dos músculos flexores.....	48
Figura 7 - Posturografia teste chute (área) e força muscular dos músculos extensores.....	49
Figura 8 - Posturografia teste chute (área) e força muscular dos músculos flexores.....	49
Figura 9 - <i>Hop test</i> e força muscular dos músculos extensores	50
Figura 10 - <i>Hop test</i> e força muscular dos músculos flexores	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

LCA	Ligamento Cruzado Anterior
GL	Grupo-Ligamento Cruzado Anterior
GC	Grupo-Controle
AM	Anteromedial
PL	Posterolateral
ADM	Amplitude de movimento
IKDC	International Knee Documentation Committee
CSAS	Cincinnati Scale Sports Activity
LEM	Laboratório do Estudo do Movimento
COP	Centro de Pressão
IOT- HCFMUSP	Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IMC	Índice de Massa Corporal
p	Probabilidade de Significância
DP	Desvio Padrão
Y	Deslocamento Anteroposterior do COP
X	Deslocamento Mediolateral do COP
V _m	Velocidade Média de Deslocamento do COP
Hz	Hertz
cm	Centímetros
Cm ²	Centímetros Quadrados

PT/P	Pico de Torque Corrigido pelo Peso
ML	Membro com Lesão
MSL	Membro sem Lesão
MO	Membro Operado
TRM	Trabalho da Melhor Repetição
R Agon/antag	Relação entre Músculo Agonista e Antagonista
TT	Trabalho Total
r	Coeficiente de Correlação
s	Segundo
DS	Distância Saltada
ISM	Índice de Simetria entre Membros no Salto

RESUMO

Felix ECR. Análise funcional, isocinética e posturográfica de atletas com lesão de ligamento cruzado anterior antes e após a reconstrução anatômica com tendão flexor [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é incapacitante para vários esportes pela instabilidade e deficiência funcional. O tratamento indicado é a reconstrução cirúrgica do ligamento, no entanto, nem sempre a recuperação funcional após a operação é suficiente para o retorno ao esporte. O objetivo deste estudo foi avaliar o controle postural dinâmico, a força muscular e o parâmetro funcional medido pelo *Hop Test* de atletas com e sem lesão do LCA. **Métodos:** Foram incluídos 74 atletas, 60 homens e 14 mulheres, com idades entre 16 e 45 anos, divididos em dois grupos: Grupo-Lesão LCA (GL) com 34 atletas (25,05 anos $\pm$ 6,82) e Grupo-Controle (GC) com 40 atletas sem lesão de LCA (27,7 anos $\pm$ 8,16). Todos os voluntários realizaram posturografia, dinamometria isocinética e o *Hop Test*. O GL foi avaliado antes e 12 meses após a reconstrução. O Grupo-controle (GC) foi avaliado num único momento. **Resultados:** Nas comparações pré e pós-operatórias do GL: a posturografia mostrou maior área de deslocamento no pré-operatório; na dinamometria isocinética, o pico de torque e trabalho total foram maiores no pós-operatório, mas a relação entre músculos flexores e extensores foi menor que a preconizada em ambas as avaliações (pré e pós-operatório); no *Hop Test*, a distância saltada e a simetria entre os membros foram maiores no pós-operatório. Na comparação com o GC, a posturografia mostrou maior oscilação anteroposterior e menor oscilação mediolateral no GL pré-operatório; na dinamometria isocinética, o pico de torque e trabalho total foram maiores no pré-operatório. No pós-operatório, GL mostrou maior relação entre flexores e extensores que GC. **Conclusão:** Os atletas submetidos à reconstrução do LCA apresentaram melhor desempenho funcional na avaliação pós-operatória quando comparados com o pré-operatório e com GC. Porém, os parâmetros isocinéticos apresentaram recuperação incompleta.

Descritores: equilíbrio postural; avaliação isocinética; retorno ao esporte; Lesões do ligamento cruzado anterior.

ABSTRACT

Felix ECR. Functional, isokinetic and posturographic evaluation of athletes with anterior cruciate ligament injury before and after anatomic reconstruction with hamstring tendon graft [dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2017

The injury of the anterior cruciate ligament (ACL) is crippling for various sports by instability and functional impairment. The recommended treatment is surgical ligament reconstruction, however, sometimes that functional recovery after operation is not enough to return to the sport. The objective of this study was to evaluate the dynamic postural control, muscle strength, and functional parameter measured by Hop Test of athletes with and without ACL injury. **Method:** We included 74 athletes, 60 men and 14 women, who are between 16 and 45 years old, divided into two groups: Injury Group (GL) with 34 athletes (25.05 years $\pm$ 6.82) and Group Control (GC) with 40 athletes without ACL injury (27.7 years $\pm$ 8.16). All volunteers held posturography, isokinetic dynamometry and the Hop Test. The GL was assessed before and 12 months after the reconstruction. The Control Group was evaluated in a single moment. **Results:** Pre and postoperative comparison of GL: posturography showed greater area of displacement; in isokinetic dynamometry, peak torque and total work were higher in the postoperative period, but the relationship between flexors and extensors muscles was lower than recommended in both evaluation (pre and postoperative); in Hop Test, the distance hopped and the symmetry between the limbs was greater in the postoperative period. In comparison to the GC, posturography showed greater anteroposterior oscillation and lower mediolateral oscillation in preoperative GL; in isokinetic dynamometry, peak torque and total work were higher in GL preoperative. In postoperative period GL showed higher relationship between flexors and extensors than GC. **Conclusion:** The athletes submitted to ACL reconstruction showed better functional performance in postoperative assessment when surgery was compared to the preoperative period, and to GC. However, isokinetic parameters showed incomplete recovery.

Descriptors: postural balance; isokinetic evaluation; return to sport; anterior cruciate ligament injuries.

1. INTRODUÇÃO

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das lesões mais comuns e incapacitantes do esporte. Ela representa 25 a 30% de todas as lesões que ocorrem no joelho (1,2) e sua incidência tem aumentado nos últimos anos (3). Em dois anos, 40 a 90% de todos os casos podem evoluir para osteoartrose, evidenciando a gravidade da lesão, principalmente pelo acometimento de pessoas jovens (4).

O LCA é um ligamento extremamente resistente, mas pode sofrer lesões em movimentos complexos como saltos, aterrissagens, desacelerações, rotações ou contato físico entre os praticantes (5).

Os sintomas mais comuns da lesão de LCA são: dor e edema (fase aguda). Perda de força muscular, alteração da propriocepção, instabilidade do joelho (falseio) e incapacidade de praticar esporte podem ocorrer na fase crônica (6).

A deficiência de força muscular e da propriocepção contribuem para a instabilidade do joelho e estão estreitamente relacionadas com a ruptura do ligamento. As deficiências podem permanecer após a reconstrução, porém tendem a diminuir com o processo de reabilitação (7–10).

Após a lesão, a ação dos músculos flexores e extensores do joelho sofre influência da deficiência de aferência neurofisiológica, que é causada pela ruptura do LCA. Há diminuição da força muscular por inativação dos extensores e maior atividade dos músculos flexores do joelho, que são sinérgicos com a ação do LCA (11).

A propriocepção, que envolve a sensação de posição e movimento articular, é parte do sistema de controle postural que atua em conjunto com a visão e sistema vestibular. A ruptura do LCA faz com que os mecanorreceptores deixem de enviar informações, resultando em respostas neuromusculares deficientes para a manutenção do equilíbrio corporal e função articular (7,12,13).

O tratamento cirúrgico, que usa a técnica anatômica, é o mais indicado na lesão de LCA (14,15), mas precisa, sempre, ser acompanhado de um extenso e cuidadoso programa de reabilitação. A reconstrução do ligamento restaura a

estabilidade anteroposterior, mas não restaura, totalmente, a estabilidade rotacional (14,15).

Alguns autores relatam a permanência da deficiência funcional, mesmo após a alta e retorno ao esporte. Referem que somente 33% dos pacientes submetidos à reconstrução com os tendões flexores do joelho e 41% com o tendão patelar retornam à condição esportiva pré-lesão (16), mas mantém o risco aumentado para novas lesões, do próprio LCA inclusive (17).

A reabilitação antes e após a reconstrução tem papel fundamental para o desenvolvimento da estabilidade dinâmica e funcional do joelho. Os objetivos da reabilitação são: restaurar amplitude de movimento, ganhar força muscular, desenvolver a estabilidade dinâmica e preparar o paciente para retorno irrestrito ao esporte (18–21).

A evolução funcional do paciente, durante o programa de reabilitação, é avaliada por critérios clínicos e funcionais da estabilidade articular, força muscular, controle postural e equilíbrio (22–25). Os testes clínicos mais usados são (26,27):

1. “*Pivot-shift*” e “*Lachman*” - testes manuais para estabilidade estática do joelho
2. “*Hop-Test*” - testes funcionais com execução de tarefas (saltos) que medem desempenho
3. Dinamometria isocinética - torque e função muscular
4. Posturografia - plataforma de força para avaliação do equilíbrio e controle posturais.

Ainda que os testes clínicos manuais sejam confiáveis, as medidas quantitativas tais como: *Hop-Test*, dinamometria isocinética, posturografia estática e dinâmica (7,28) são mais precisas (quantitativas) para medir a melhora funcional do paciente, permitindo um retorno ao esporte com mais segurança (19,22,26,29,30).

A hipótese do presente estudo é que a perda funcional decorrente da lesão do LCA permanece após 12 meses de pós-operatório e é causada pela diminuição da força muscular, da estabilidade dinâmica do joelho e do desempenho motor e que estas alterações estariam associadas à recuperação incompleta do mecanismo estabilizador do joelho.

2. OBJETIVOS

1. Avaliar o equilíbrio postural, função muscular dos flexores e extensores do joelho e desempenho funcional pelo *Hop Test* de atletas de diferentes esportes:

- Grupo com lesão do LCA (GL) - antes e 12 meses após a reconstrução anatômica do ligamento com tendão flexor
- Grupo controle (GC) sem lesão - pareado pela atividade esportiva, gênero e idade.

2. Fazer a correlação entre a função muscular e controle postural e função muscular e *Hop Test*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Ligamento Cruzado Anterior

O LCA é uma estrutura intrarticular e extrassinovial, formada por tecido conjuntivo denso envolvido pela sinóvia, irrigado pela artéria genicular média, inferolateral e inferomedial. Tem na sua composição 1% de mecanorreceptores distribuídos em órgãos de Ruffini, corpúsculos de Pacini, órgãos tendinosos de Golgi e terminações nervosas livres (31,32).

Origina-se no limite posteromedial do côndilo lateral do fêmur, posteriormente à crista intercondilar lateral, e percorre um trajeto oblíquo em direção anteromedial, inserindo-se distalmente na região intercondilar anterior do platô tibial (33). Ele é subdividido em duas bandas distintas: anteromedial (AM) e posterolateral (PL) (34), que têm atuação sinérgica na estabilidade anterior e na rotacional (35,36).

A função primária do LCA é restringir o deslocamento anterior da tíbia e hiperextensão do joelho. Também restringe a angulação varo-valgo (joelho em extensão) e a rotação axial interna-externa (37).

Apesar das diferenças estruturais entre o ligamento e o tendão, a reconstrução cirúrgica com enxerto de tendão produz bons resultados e é considerada padrão ouro para substituir o LCA.

A tendência mais atual é a utilização da técnica anatômica de reconstrução do LCA (38). Fu et al. (2012) (39), definem como reconstrução anatômica a restauração de 60 a 80% da área de inserção. O objetivo da reconstrução anatômica é a restauração funcional e dimensional do LCA, mantendo a orientação do colágeno e os locais de inserção (40)

Após a substituição do ligamento, o enxerto passa pelo processo de “ligamentização”. Este processo é constituído por necrose e revascularização do enxerto, repovoamento celular, depósito de colágeno, remodelação e maturação do enxerto (41).

A fase de necrose se inicia no segundo dia após a reconstrução e dura seis semanas. Caracteriza-se pela diminuição gradativa dos vasos e células até sua extinção completa (41,42). Existem sinais de vascularização e aumento

celular após o 14º dia de pós-operatório (41,43). A deposição do colágeno foi observada após a 16ª semana (41,43). A resistência do enxerto diminui durante a fase de necrose e revascularização e ganha força mecânica, gradativamente, durante a fase de remodelação (44–46).

A fase de remodelação e maturação ocorre após a 30ª semana. Nesta fase, o enxerto apresenta estrutura e vascularização similares ao LCA normal (44–46).

A reabilitação, após reconstrução do LCA, particularmente em atletas, é fundamental para a recuperação funcional e retorno à condição esportiva pré-lesão (21). Com o tratamento adequado, 82% dos pacientes conseguem retornar ao esporte, mas apenas 63% voltam à condição pré-lesão e o motivo mais comum alegado é a falta de confiança no membro operado (21,47).

Existem diversos protocolos de reabilitação usados após a reconstrução do LCA (18,19,21,47,48). As principais diferenças são dadas pelo tipo de enxerto e pelo momento de liberação dos movimentos, mas todos mantêm os mesmos princípios (19–21,49–54):

- Pré-operatório - controle da inflamação, edema e dor, manutenção força muscular;
- Pós-operatório inicial - controle de edema, inflamação, dor, proteger o enxerto, restaurar a ADM; preservar função normal do quadríceps; adquirir marcha normal;
- Fortalecimento e controle neuromuscular - progressão do fortalecimento, resistência, controle neuromuscular, melhora do equilíbrio, preparação para retorno às atividades;
- Retorno às atividades e esporte – completar o protocolo de reabilitação, retorno irrestrito às atividades diárias e esportivas prévias e participação em atividades esportivas.

3.2. Avaliação

A avaliação dos pacientes é fundamental para que haja a progressão funcional dos exercícios durante a reabilitação. A evolução do programa de tratamento se dá após o cumprimento dos objetivos de cada fase (19,21,47,49).

Os pacientes podem ser avaliados pela amplitude de movimento, função muscular, grau de anteriorização da tibia, posturografia e avaliação subjetiva do próprio paciente sobre sintomas, função e retorno às atividades (23).

3.2.1. Escalas funcionais

Existem muitas escalas funcionais de avaliação para o joelho, dentre as quais destacam-se:

1. Escala da *International Knee Documentation Committee* (IKDC) subjetiva - avalia sintomas, funcionalidade e prática esportiva a partir de informações dadas pelo paciente. É uma ferramenta considerada específica para joelho (55).
2. Escala de Lysholm – avalia a função e sintomas de instabilidade (56).
3. Escala de Atividades de Tegner – avalia o nível de atividade física para doenças do joelho (56).
4. *Cincinnati Scale Sports Activity* (CSAS) - avalia capacidade de realizar atividades esportivas após lesão do joelho (57).

A escala de atividade de Tegner foi desenvolvida para complementar a escala de Lysholm e avaliar a percepção do paciente sobre a função e grau de atividade (57,58). É amplamente Tem as vantagens de ser específica para joelho e confiável (padrão-ouro na avaliação da reconstrução do LCA) (57). A escala de atividade de Tegner é uma escala numérica que vai de 0 a 10 e cada valor representa um grupo específico de atividades. Os indivíduos profissionais praticantes de esportes competitivos com grande exigência de estabilidade para o joelho como futebol, futebol americano e rúgbi profissional se enquadram no nível de atividade 10 (59). Os indivíduos que praticam esportes de recreação ou esportes com menor demanda de estabilidade articular para o joelho têm notas intermediárias, enquanto os indivíduos afastados de suas atividades profissionais por doenças do joelho, têm nível de atividade 0 (56,60).

Letchford et al. (2015) (57) seguiram 51 pacientes por um ano, após reconstrução do LCA, e compararam as Escalas de Atividades de Tegner, IKDC e CSAS e referem que a escala de atividades de Tegner foi a única que preencheu todos os critérios de consistência interna, confiabilidade, avaliação

dos erros de medida, validade do conteúdo, desenho do estudo, validade cultural e do critério, hipótese testada, responsividade e facilidade para interpretação dos dados.

O retorno ao mesmo nível esportivo da fase de pré-lesão é de 33 a 56% após a reconstrução do LCA (26,61–63). O retorno a algum tipo de prática esportiva é de 75%, 12 meses após a cirurgia (63). O retorno ao esporte pode ser influenciado por fatores demográficos, funcionais e psicológicos (7,61). Atletas de elite do sexo masculino, com idade igual ou superior a 24 anos, em boas condições de cirurgia e reabilitação, têm maior tendência de retornar ao esporte no mesmo nível de atividade pré-lesão. Fatores psicológicos (medo de outra lesão) e falta de estrutura adequada para reabilitação e treinamento prejudicam este retorno (7,61).

3.2.2. Posturografia e avaliação controle postural

A ruptura do LCA gera prejuízo proprioceptivo pela perda dos mecanorreceptores com diminuição da função de controle postural e coordenação das cadeias cinéticas musculares (37,44,64–67).

Propriocepção é uma função somatossensorial que detecta mudanças de velocidade e direção do movimento, grau de estiramento e posição articular no espaço, e no joelho é muito dependente da ação do LCA (68). Após a lesão do LCA, há diminuição gradativa dos mecanorreceptores, perda da aferência e das respostas neuromusculares (69).

A perda da informação somatossensorial é um dos fatores primordiais na instabilidade funcional após a lesão (70). Adachi et al. (2002) (70) realizaram estudo histológico do tecido remanescente do LCA e relatam que quanto maior for o número de mecanorreceptores, melhor será a percepção da posição articular. Por isso, o coto do ligamento é preservado sempre que possível.

É crescente o número de pesquisas publicadas sobre lesão de LCA antes e após reconstrução do ligamento, mostrando que os mecanismos neuromusculares afetam a estabilidade dinâmica da articulação e o equilíbrio postural (7,71). Existem indícios de que a lesão do LCA leve a prejuízo sobre o

controle postural e que este não se recupera totalmente após a reconstrução (7,13,72–74).

A posturografia é uma avaliação computadorizada, que mede as variáveis da oscilação do centro de pressão (COP) em uma plataforma de força (64,73,75). A amplitude e a velocidade de oscilação do COP são consideradas como parâmetros mais importantes nas atividades esportivas que envolvem corrida, mudança de direção e salto (76,77).

Ageberg et al. (2005) (78) estudaram a relação entre controle postural, propriocepção e força muscular em pacientes com lesão de LCA (tempo médio de lesão: $3,8 \pm 3$ anos) e observaram correlação negativa entre a amplitude de oscilação e propriocepção e da velocidade da oscilação e força muscular.

Negahban et al. (2009) (72) não observaram diferença de desempenho dos testes unipodais na plataforma de força quando incluíram tarefas cognitivas em indivíduos com lesão de LCA. Os autores sugerem que os testes usados podem não ser adequados (desafiadores) para a população pesquisada.

Moussa et al. (2009) (12) mostraram aumento na velocidade da oscilação em indivíduos submetidos à reconstrução do LCA há mais de dois anos em relação a grupo controle, enquanto no *Hop Test* horizontal não houve diferença.

Dauty, Collon e Dubois (2010) (73) observaram maior velocidade e área de oscilação dos indivíduos com reconstrução de LCA (entre 6 e 18 meses pós-operatório) em relação a indivíduos saudáveis.

Ahmed et al. (2011) (28) compararam o controle postural de indivíduos com lesão crônica de LCA com o de indivíduos saudáveis e referem que houve aumento da velocidade da oscilação no grupo com lesão.

Howells et al. (2011) (7) mostraram, em revisão sistemática, resultados da avaliação do equilíbrio estático e dinâmico na reconstrução do LCA. Foram encontrados 10 estudos comparativos entre reconstrução do LCA e indivíduos saudáveis. O grupo controle (olhos abertos) tem maior controle postural que os com lesão. O equilíbrio dinâmico do grupo com reconstrução do LCA é pior que o controle (resultado visto em quatro estudos).

Negahban et al. (2014) (13), em revisão sistemática sobre o controle postural de indivíduos com reconstrução do LCA, analisaram a velocidade, área e amplitude do deslocamento do COP na plataforma de força. Eles referem que

houve aumento da amplitude e velocidade de deslocamento em apoio bipodal com os olhos fechados e abertos no grupo LCA e que há maior diferença no membro operado.

Alguns estudos têm proposto testes que gerem situações desafiadoras para avaliar o controle postural em praticantes de atividade física. Nesta linha Santos et al. (2014) (79), utilizaram execução de movimentos de chutar uma bola sobre a plataforma para avaliar o controle postural em indivíduos com instabilidade de tornozelo. Os chutes aconteciam em apoio unipodal tanto em superfície reta e como em superfície inclinada, com e sem rotação externa do quadril. Os autores concluíram que o ajuste postural antecipatório dos indivíduos com lesão era melhor que o controle, enquanto o ajuste postural compensatório era pior que o grupo controle, evidenciando que em situações de instabilidade articular os sistemas de ajuste postural sofrem adaptações.

King & Wang (2017) (80) avaliaram o controle postural estático e dinâmico em indivíduos saudáveis, usando avaliação unipodal estática e movimentos de chutar bola em três direções: região central e 30° para cada um dos lados (direcionados por alvos em cada uma das direções). Não foi encontrada diferença entre os membros na avaliação estática. No chute, houve maior área, velocidade e oscilação anteroposterior no movimento ipsilateral, comparado ao movimento central e ao contralateral (cruzando a região central). Os movimentos mostraram-se mais desafiadores que as avaliações estáticas, mesmo para atletas.

Kim et al. (2014) (81) utilizaram o movimento de agachar e levantar sobre apoio bipodal por quatro vezes para avaliar a influência da idade e gênero sobre o controle postural. Os autores encontraram aumento significativo da oscilação anteroposterior e mediolateral do COP com a idade no gênero feminino.

3.2.3. Hop Test

O *Hop Test* é um método de avaliação clínico, rápido, simples e confiável, que não requer instrumentos (82–85). Avalia o desempenho funcional e a integração do controle neuromuscular, força e grau de confiança. É uma avaliação funcional da estabilidade dinâmica do joelho (85).

O *Hop Test* pode ser preditivo para lesões na articulação do joelho e é uma ferramenta útil para avaliar a evolução do tratamento de reabilitação (84). Abrams et al. (2014) (86), realizaram uma revisão sistemática com 88 artigos sobre testes funcionais. Eles observaram que o *Hop Test* era o mais utilizado na avaliação da reconstrução do LCA, principalmente pela fácil compreensão e execução por parte do paciente.

No *Hop Test*, o paciente é orientado a saltar a máxima distância em apoio unipodal mantendo a estabilidade (85). As variáveis utilizadas são: distância saltada e o índice de simetria entre os membros. O índice de simetria é obtido pela divisão da distância saltada com o membro afetado pela distância obtida no do membro contralateral. Índice de simetria igual ou maior que 90% garante um retorno seguro para a atividade esportiva (85,87).

Reid et al. (2007) (85) e Gustavsson et al. (2006) (59) observaram aumento significativo da distância saltada e simetria no *Hop Test* de pacientes com seis meses de pós-operatório de LCA. Logerstedt et al. (2012) (88) mostram simetria de 88% aos seis meses e 95% aos 12 meses de pós-operatório de LCA.

Petschnig, Baron & Albrecht (1998) (82) encontraram correlação positiva entre pico de torque e *Hop Test* os 12 meses de reconstrução do LCA com tendão patelar, apesar de avaliar numa velocidade pouco adotada nos estudos: 15°/s.

3.2.4. Dinamometria isocinética

A força muscular dos flexores e extensores do joelho está associada à função e estabilização da articulação. Potência e resistência musculares também são importantes pelo maior envolvimento com os movimentos mais rápidos e complexos que podem estar relacionados com a lesão do LCA. A condição muscular é um dos fatores mais importantes para o retorno ao esporte após a reconstrução do LCA, com segurança, estabilidade e também para prevenção de recidivas e outras lesões secundárias (23).

Após a lesão e a reconstrução de LCA, pode ocorrer deficiência de força, resistência e potência musculares, que podem ser avaliadas pela dinamometria isocinética, que tem alto grau de confiabilidade e reprodutibilidade (22,89). É um

instrumento consagrado, considerado padrão-ouro para avaliação da função muscular (90) e extensamente usado para avaliar pacientes com reconstrução do LCA (90). Os parâmetros isocinéticos mais usados na literatura são: torque máximo (principal medida de força), relação agonista/antagonista (mede equilíbrio entre flexores e extensores) e trabalho total (avalia resistência e potência durante todo o arco do movimento).

Vários são os protocolos de avaliação isocinética descritos na literatura, variando em relação ao tipo de contração, velocidade angular, amplitude do movimento, número de repetições e correção da gravidade. Não há padronização dos parâmetros, ainda que todos sejam importantes para analisar o resultado (86,91). O modo concêntrico é o mais utilizado por ser mais seguro e de fácil execução (92). A velocidade angular está relacionada ao tipo de parâmetro que se pretende avaliar. Velocidades angulares mais lentas (4-6 repetições) são adequadas para avaliar força muscular, enquanto velocidades mais rápidas (20 a 30 repetições) são adequadas para avaliar resistência e potência musculares (92,93).

Muitos autores utilizam o membro contralateral operado como parâmetro de normalidade nas avaliações isocinéticas, considerando que o membro não operado não tem deficiência, fato controverso (94–96). Há, também, muitos estudos que fazem somente avaliações pós-operatórias, sem avaliar a evolução do paciente, visto que a condição muscular pré-operatória pode influenciar a recuperação após a cirurgia.

A lesão do LCA causa deficiência muscular vista pela dinamometria isocinética, mormente nos músculos extensores do joelho (quadríceps) (97,98). A relação agonista/antagonista não se modifica após a lesão, pois os dois grupos musculares avaliados têm deficiência, porém é maior nos extensores.

A deficiência pode ser causada pelo descondicionamento, alterações proprioceptivas e mudanças articulares. No período pré-operatório, há maior solicitação dos músculos isquiotibiais, pela sua ação sinérgica com o LCA. Também há diminuição da ativação do quadríceps pela perda do controle neuromuscular (diminuir translação anterior da tíbia) e pela presença de edema articular e dor (98–101).

O tipo de enxerto realizado também tem relação com a resposta muscular pós-operatória. O local doador do enxerto apresenta déficit muscular após a reconstrução, principalmente em retardos de cicatrização (102). Nas reconstruções com tendão patelar, há perda de atividade dos extensores e nas reconstruções com tendão flexor, também se observa deficiência dos extensores, mostrando a maior sensibilidade do quadríceps às alterações relacionadas com a cirurgia e suas consequências. No entanto, os flexores também são deficientes nas reconstruções com tendão flexor, mostrando que a cicatrização da área doadora precisa ser levada em consideração (86,103). Jong et al. (2007) (104) observaram 20% de deficiência no pico de torque dos músculos extensores em reconstruções com tendão patelar um ano após a cirurgia, evidenciando a influência do tipo de enxerto.

A reabilitação pós-operatória após a estabilização cirúrgica com a reconstrução melhora a função muscular (92,99), pelo menor estresse sobre o enxerto (105,106). A avaliação da condição muscular é parte dos critérios de avaliação para o retorno ao esporte com segurança, após a reconstrução do LCA (107,108).

São considerados aptos ao retorno aos esportes indivíduos que apresentem: pico de torque corrigido pelo de peso acima de 2,5 vezes o peso corporal para extensores, 1,5 para flexores, relação entre os músculos agonista/antagonista acima de 60% e assimetria de parâmetros menor que 10% (26,47,109,110).

No entanto, existem indícios de que a recuperação muscular nem sempre ocorre por completo, mesmo após o retorno ao esporte (86,111,112), e que um programa de condicionamento muscular deve ser mantido para a prática esportiva com maior segurança.

4. MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no dia 19 de maio de 2014, parecer número 652.361 como protocolo de pesquisa (Anexo A).

Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Estudos do Movimento do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Todos os voluntários responderam o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B).

4.1. Desenho do estudo

Trata-se de um estudo prospectivo longitudinal controlado.

Foram incluídos atletas com e sem o diagnóstico de lesão do LCA, que preencheram os critérios de inclusão, divididos em grupos: Grupo-LCA (GL) e Grupo-Controle (GC). O diagnóstico da lesão do LCA foi realizado por médicos ortopedistas do Grupo de Joelho da Medicina Esportiva.

Todos os voluntários foram avaliados no Laboratório de Estudo do Movimento (LEM) do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo entre agosto de 2013 e janeiro de 2016. Todos os voluntários responderam um questionário (Anexo C), contendo dados pessoais, demográficos, informações sobre a prática esportiva, sobre a lesão e preenchimento da Escala de Tegner com informações pré-lesão (Anexo D).

O GL foi submetido à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior pela técnica anatômica com o uso do tendão flexor (Anexo E). A cirurgia foi realizada por médicos experientes do Grupo de Medicina Esportiva do Instituto de Ortopedia do Hospital das Clínicas da FMUSP.

Após o procedimento, os pacientes foram imobilizados e permaneceram internados por 24 horas ou mais, pois a alta hospitalar dependia das condições

clínicas. Todos os atletas receberam orientação de reabilitação conforme protocolo do grupo de Medicina do Esporte do IOT HC-FMUSP (Anexo F).

Os atletas sem lesão foram recrutados no Hospital das Clínicas (funcionários e acompanhantes de pacientes), pelas redes sociais, academias, assessorias esportivas e clubes. O Grupo-Controle foi pareado com o Grupo-LCA em função do gênero, idade e nível de atividade física pela escala de atividade Tegner.

As avaliações do Grupo-Controle foram realizadas em uma única vez. O Grupo-LCA foi avaliado no pré-operatório e aos 12 meses de pós-operatório. Todos os pacientes incluídos no GL foram acompanhados pelos médicos durante todo o período de avaliação. Todas as etapas do projeto foram realizadas pelo pesquisador executante.

4.2. Casuística

4.2.1. Cálculo do tamanho amostral

O cálculo da amostra foi realizado a partir de um estudo piloto com 30 indivíduos, 15 com lesão do LCA e 15 sem lesão de LCA. Todos os voluntários foram submetidos à posturografia com apoio unipodálico durante a manobra de chute.

Foi considerado como desfecho primário o valor da amplitude da oscilação do CP no plano mediolateral (Y) pós-operatório. O valor médio de amplitude da oscilação de Y para o Grupo-LCA pré-operatório foi de 7,63 cm com desvio padrão de 1,84, para o Grupo-Controle foi de 6,94 cm com desvio padrão de 1,22. Também consideramos um erro tipo I de 0,05 e poder do estudo de 80%.

Foi utilizada a fórmula para análises não pareadas publicada por Miot (113). O valor calculado da amostra foi de 15 em cada grupo. No entanto, considerando que uma parte da casuística seria constituída de atletas do interior ou de outros estados, previu-se uma perda de 10% durante o seguimento.

Como o estudo envolvia técnicas consagradas de reconstrução do LCA e de avaliação funcional, que fazem parte da rotina de atendimento do grupo, a

casuística foi ampliada para 40 pacientes, para melhora do poder do estudo com valores próximos de 90%.

O cálculo foi realizado no Excel 2016 para Windows.

4.2.2. Critérios de Inclusão

Todos os participantes preencheram uma ficha com informações sobre estatura, massa corpórea, índice de massa corporal (IMC), idade, sexo, dominância, histórico de atividade, esporte praticado, frequência de treino, histórico de lesões, anos de treinamento (Anexo D) que serviram para identificação e avaliação para inclusão no grupo. A Escala de Atividade Física de Tegner (114) (Anexo D) foi usada como critério de inclusão para ambos os grupos. Todos os incluídos precisam ter pontuação ≥ 5 para a inclusão.

Grupo-LCA e Grupo-Controle

1. Ambos os sexos;
2. Idades entre 18 e 45 anos;
3. Bom alinhamento mecânico dos membros inferiores;
4. Ausência de lesão ligamentar prévia;
5. Ausência de evidências radiográficas de osteoartrite moderada ou grave;
6. Sem fraturas e cirurgias prévias;
7. Ausência de gestação;
8. Sem doenças crônicas descompensadas;
9. Atletas com nível de atividade física ≥ 5 classificada pela Escala de Tegner. Para o GL, a medida considerada foi pré-lesão.
10. Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido;

Grupo-LCA

1. Lesão unilateral do LCA confirmada por ressonância nuclear magnética;
2. Ausência de outras lesões ligamentares concomitantes com a do LCA.
3. Ausência de lesão e/ou cirurgia anterior no joelho avaliado e no oposto.
4. Reconstrução com técnica anatômica usando enxerto tendão flexor.

Grupo-Controle

1. Ausência de quaisquer tipos de lesões nos membros inferiores;
2. Ausência de cirurgia prévia nos membros inferiores;
3. Praticar esporte (Escala Tegner ≥ 5) há um ano ou mais;
4. Ausência de lesões que o afastaram da prática esportiva por três ou mais semanas nos últimos três meses.

4.2.3. Critérios de exclusão

1. Solicitação de desligamento do estudo pelo paciente a qualquer momento.
2. Apresentar complicações da cirurgia que impeçam a realização da reabilitação.
3. Sofrer intercorrência que interfira na evolução durante o período de avaliação.

4.2.4. Descrição da Casuística

Foram selecionados 80 pacientes: 40 atletas com lesão do LCA operados no período de coleta e 40 atletas sem lesão que preenchem os critérios de inclusão. Foram excluídos da amostra inicial cinco pacientes que solicitaram desligamento e um por apresentar fratura tibial.

Na Tabela 1, são apresentados os dados antropométricos dos atletas incluídos. Não houve diferença estatística quanto à estatura, massa corporal, índice de massa corporal (IMC) e idade entre o Grupo-LCA e o Grupo-Controle.

Tabela 1 – Características dos voluntários do Grupo-LCA e Grupo-Controle

	Grupo-LCA (GL)	Grupo-Controle (GC)	
	Média (DP)	Média (DP)	p
Idade (anos)	25,05 (6,82)	27,7 (8,16)	>0,05
Massa Corporal (kg)	72,11 (10,19)	70,5 (15,21)	>0,05
Estatura (m)	1,74 (0,69)	1,72 (0,88)	>0,05
IMC (kg/m²)	23,62 (2,72)	23,68 (4,29)	>0,05

IMC: índice de massa corporal. Teste U de Mann Whitney para comparação entre GL e GC.

Na Tabela 2, são demonstradas as distribuições das frequências sobre gênero, dominância e lado do membro com lesão do LCA. Não houve diferença entre os grupos, quando se comparou o gênero, categoria e dominância.

Tabela 2 – Distribuição das frequências das variáveis: nível de atividade física de Tegner pré-lesão, gênero, categoria, dominância

	Grupo-Controle	Grupo-LCA	P
Tegner	7,6 (1,2)	8,0 (1,3)	>0,05
Gênero			
Masculino	82,5% (33)	79,4% (27)	>0,05
Feminino	17,5% (7)	20,6% (7)	
Categoria			
Profissional	27,5% (11)	35,3% (12)	>0,05
Amador	72,5% (29)	64,7% (22)	
Dominância			
Direito	82,5% (33)	70,6% (24)	>0,05
Esquerdo	17,5% (7)	29,4% (10)	
Lesão Dominante	-	50% (17)	>0,05
Não dominante	-	50% (17)	

Teste de Qui-quadrado.

4.2.5. Metodologia de Avaliação

Os voluntários realizaram as avaliações na seguinte sequência:

1. Escala de Atividade de Tegner para inclusão
2. Posturografia
3. *Hop Test*
4. Dinamometria isocinética

A avaliação seguiu essa sequência para diminuir o efeito da fadiga no desempenho dos atletas durante os testes.

Escala de Atividade de Tegner

Esta escala, foi utilizada como critério de inclusão. Mede, através de um questionário, o nível de atividade física executado pela pessoa. Somente foram incluídos voluntários com cinco ou mais de escore na Escala de Tegner.

A aplicação do questionário da escala de Tegner foi realizado pela pesquisadora executante deste estudo. Os resultados são aferidos pelas respostas do voluntário quanto à sua atividade física atual para o GC e condição anterior à lesão do LCA no GL.

Posturografia

Foi usada a plataforma de força portátil modelo AccuSwayPlus (marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI, Watertown, Massachusetts) (Figura 1). A plataforma era ligada 30 minutos antes do início das coletas para a verificação dos parâmetros de amplificação, frequência e captação dos sinais.

Figura 1 - Plataforma de força

Posicionamento na plataforma de força

Os voluntários foram posicionados sobre a plataforma de força, trajando shorts e camiseta, pés descalços, adotando uma base de suporte que não ultrapassasse a largura dos quadris. Em seguida, foram realizadas as marcações do posicionamento dos pés, indicadas em uma folha de papel fixada sobre o centro da plataforma. Foram marcados quatro pontos em cada pé, sendo estes, hálux, cabeça do quinto metatarso, maléolo lateral e medial. A base de apoio foi registrada no programa através da aplicação de uma força de 10 libras, com uma haste de metal em cada um dos pontos marcados na folha de papel.

A avaliação foi realizada com os voluntários em apoio unipodálico sobre a plataforma. Os braços foram mantidos ao longo do corpo e o olhar fixo em um ponto a um metro de distância e 10 cm abaixo de sua estatura.

Após a marcação, o voluntário foi orientado a manter-se em apoio unipodálico, com os joelhos destravados, sobre o desenho do respectivo pé na folha de papel. Deveriam manter a perna contralateral com o joelho em flexão de 90°, quadril em posição neutra e braços ao longo do corpo.

Foram realizadas três coletas para cada membro, em cada teste, e os resultados foram dados pela média aritmética dos três valores obtidos. A tentativa era considerada inválida quando o voluntário apoiava o pé contralateral ou apresentava um desequilíbrio importante do tronco. Em caso de tentativa inválida, fazia-se nova tentativa, no máximo três vezes, para cada membro, em cada teste.

Após cada tentativa, os dados eram salvos e a plataforma era novamente zerada para a nova tentativa. Os testes se iniciavam cinco segundos após o posicionamento do voluntário para eliminar as oscilações iniciais.

Os testes foram realizados na seguinte ordem: agachamento (Figura 2B e 2C) e chute (Figura 2C).

Figura 2 - Posturografia – A e B: agachamento (flexão do joelho); C: chute

No teste de flexão de joelho (agachamento), o voluntário se manteve em apoio unipodálico com movimento de flexão e extensão de joelho, como um agachamento, no limite da flexão do tornozelo com a manutenção da postura

ereta. Os movimentos foram repetidos de forma ininterrupta durante 10 segundos, com velocidade autorregulada e de acordo com a estratégia de cada indivíduo, com intervalos de 60 segundos entre os testes.

O teste de chute foi realizado em apoio unipodálico, associado ao gesto esportivo de chute com o membro contralateral. O paciente deveria manter a planta do pé apoiada na plataforma enquanto fazia o movimento de chute do pé contralateral, que deveria atingir um alvo pré-estabelecido (caixa revestida com espuma). Os movimentos eram repetidos ininterruptamente por 10 segundos, com a velocidade autorregulada, de acordo com a estratégia de cada indivíduo, com intervalos de 60 segundos entre os testes.

Os sinais captados foram amplificados e, em seguida, convertidos de analógicos para digitais, através de um conversor A/D, e registrados em um computador, o programa Balance Clinic® de aquisição dos dados foi configurado na frequência de 100 Hz com um filtro passa-baixa de quarta ordem Butterworth, com frequência de corte de 10 Hz. Todas as tentativas em cada posição foram processadas automaticamente pelo Balance Clinic®.

Foram usadas as seguintes variáveis:

1. Amplitude do deslocamento no plano anteroposterior (Y), medida em centímetros (cm);
2. Amplitude de deslocamento no plano mediolateral (X), medida em centímetros (cm);
3. Velocidade média resultante (V_m) – calculada pela divisão do deslocamento total do COP em todas as direções pelo período de tempo, expressa em centímetros / segundo (cm/s);
4. Área elíptica de 95% de deslocamento (Área) - calculada de forma que 95% de todo deslocamento do COP estivesse dentro desta elipse, expressa em cm^2 .

Hop Test

Foi utilizado o “*Single-leg Hop Test for distance*”. Os pacientes foram orientados para usar tênis confortável com boa aderência e sistema de amortecimento.

Sem aquecimento prévio, o indivíduo se apoiava sobre um dos membros permanecendo com o hálux atrás da marcação no chão (Figura 3). Os membros superiores eram posicionados atrás do corpo com dorso de uma das mãos repousando sobre a região palmar da outra mão (Figura 3). O indivíduo era, então, instruído a posicionar um dos pés sobre uma área predeterminada no chão, que era a área do início do salto, para facilitar a medição da distância. Em seguida, o voluntário deveria saltar a maior distância possível, aterrissando sobre o mesmo membro do apoio inicial e mantendo os membros superiores na mesma posição. O teste se iniciava, sempre, pelo lado direito.

Foram feitos três saltos em cada perna, com alternância dos lados. O intervalo entre cada salto foi de 30 segundos e a posição de aterrissagem deveria ser mantida por, pelo menos, dois segundos para que o salto fosse considerado bem-sucedido.

O salto seria anulado se o membro contralateral tocasse o chão, se houvesse perda do equilíbrio ou se a posição dos membros superiores fosse alterada. A distância do salto era dada pela distância entre a posição inicial de marcação do solo e a extremidade distal do hálux no ponto de aterrissagem, usando-se uma fita métrica rente ao solo.

As variáveis utilizadas foram: distância saltada e o índice de simetria entre os membros. Para a variável distância saltada, foi utilizada a distância média dos três saltos para cada membro inferior no GL e a média de todos os saltos para o GC. A variável índice de simetria foi calculada pela relação entre distância saltada do membro operado/distância saltada membro sem lesão para o GL e distância saltada membro não dominante/distância saltada membro dominante para GC.

Figura 3 - “Single leg Hop Test for distance”

Dinamometria isocinética

Foi utilizado o aparelho Biodex System 3 Pro (Biodex Medical Systems, Inc. NY, EUA). Após aquecimento de cinco minutos em bicicleta ergométrica, o paciente era colocado sentado no aparelho com o tórax e pelve estabilizados com cintos, as coxas eram apoiadas em um assento almofadado e os tornozelos eram envolvidos pelo suporte almofadado imediatamente acima dos maléolos. Era permitido segurar as barras laterais durante a realização do teste (Figura 4).

Foram realizados testes para musculatura extensora e flexora do joelho nas velocidades angulares de $60^\circ/\text{s}$ e $240^\circ/\text{s}$. Foram feitas repetições para aprendizado e sempre se iniciava com a perna não operada. Os pacientes eram estimulados verbalmente a realizar o movimento de flexão e extensão do joelho, mantendo esforço máximo durante todas as repetições. Foram feitas quatro repetições na velocidade angular de $60^\circ/\text{s}$ e após descanso de oito segundos, foram feitas 20 repetições na velocidade de $240^\circ/\text{s}$.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: na velocidade de $60^\circ/\text{s}$: torque máximo (pico de torque) corrigido pela massa corporal, trabalho realizado na melhor repetição e a razão entre o pico de torque da musculatura flexora e extensora; na velocidade $240^\circ/\text{s}$: trabalho total de todas repetições. A variável índice de simetria foi calculada pela relação entre o torque máximo corrigido pela

massa do membro operado/torque máximo corrigido pela massa do membro sem lesão para o GL e torque máximo corrigido pela massa do membro não dominante/torque máximo corrigido pela massa do membro dominante para o GC.

Figura 4 - Avaliação isocinética do joelho esquerdo

4.2.6. Análise estatística

Os dados (menos que 10% da amostra total) que diferiram excessivamente do seu conjunto (*outliers*), acima de duas vezes do desvio padrão, foram excluídos.

Todos os dados foram testados quanto à sua distribuição pelo teste de aderência Kolmogorov-Smirnov e, quando os dados demonstravam distribuição anormal, testes não paramétricos foram aplicados.

Para análise dos resultados foi realizada:

Comparação intragrupo Grupo-LCA:

1. Compara Grupo-LCA pré-operatório com pós-operatório (12 meses), através de Teste Wilcoxon (distribuição não paramétrica);
2. Compara Grupo-LCA membro lesado com Grupo-LCA membro não lesado.

Comparação Grupo-LCA versus Grupo-Controle:

Compara Grupo-LCA membro lesado e Grupo-Controle, através do Teste U de Mann Whitney (dados com distribuição não paramétrica).

Correlação

Foi realizado Teste de correlação de Spearman entre função muscular e controle postural e entre função muscular e *Hop Test*.

Tamanho do efeito

Utilizando a fórmula D´Cohen. Os efeitos podem ser classificados como: pequeno efeito: $<0,4$; médio efeito: $0,4$ a $0,75$; grande efeito: $0,75$ a $1,10$; efeito muito grande: $1,10$ a $1,45$; efeito enorme: $>1,45$.

Foi aceito como erro do tipo I, diferença estatisticamente significativa no valor de $p \leq 0,05$. Foi utilizado o software estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Science*) versão 23 para Windows.

5. RESULTADOS

5.1. Escala de Atividade de Tegner

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da Escala Tegner do Grupo-LCA e do Grupo-Controle:

Tabela 3 – Resultados da Escala de atividade de Tegner para Grupo LCA e Grupo Controle

	Grupo-LCA (GL)	Grupo- Controle (GC)	p	Tamanho do efeito
	Média (DP)	Média (DP)		
Pré-lesão	8,0 (1,3)*	7,6 (1,2)	<0,01	0,19-0,5
Pós-operatório - 12m	7,1 (1,8)*	7,6 (1,2)		

Legenda: DP: desvio padrão. **Teste Wilcoxon** – *Diferença entre GL pré-operatório e GL pós-operatório.

O GLCA pós-operatório apresentou menor pontuação na Escala de Tegner que GLCA pré-operatório (tamanho do efeito: 0,58). Não houve diferença estatisticamente significativa nas comparações intergrupo.

5.2. Teste de Salto *Hop Test*

Na tabela 4 são apresentados os resultados do “*Single-leg Hop Test*” para distância saltada e o Índice de simetria entre os membros.

Tabela 4 – Teste de Salto *Hop Test* distância e índice de simetria para Grupo-LCA e Grupo-Controle

	Grupo-LCA (GL)				Grupo- Controle (GC)	p
	Pré-operatório		Pós-operatório			
	ML	MSL	MO	MSL		
	Média (DP)		Média (DP)			
DS (m)	1,23 (0,38)*	1,23 (0,33) ^θ	1,43 (0,33)* [#]	1,39 (0,27) ^θ	1,24 (0,27) [#]	<0,01
ISM	0,87 (0,17)* [∞]		0,96 (0,12)* [#]		1,02 (0,95) ^{∞#}	<0,01

Legenda: ML: membro com lesão; MSL: membro sem lesão; MO: membro operado; DS: distância saltada; ISM: índice de simetria entre os membros no salto; m: metros; DP: desvio padrão. **Teste Wilcoxon - comparação GL pré-operatório versus GL pós-operatório;** * - diferença entre GL pré-operatório e pós-operatório (lado operado); ^θ - diferença entre GL pré-operatório e pós-operatório (lado não operado). **Teste Mann Whitney - comparação GL Versus GC:** [∞] - diferença entre GL pré-operatório (lado operado) e GC; [#] - diferença entre GL pós-operatório (lado operado) e GC.

GL pós-operatório do lado operado apresentou maior distância saltada (DS) que GL pré-operatório lado operado (tamanho do efeito: 0,57) e GC (tamanho do efeito: 0,65).

GL pós-operatório do lado não operado apresentou maior distância saltada que GL pré-operatório lado não operado (tamanho do efeito: 0,33).

A simetria entre os membros (ISM) foi menor em GL pré-operatório comparado a GL pós-operatório operado (tamanho do efeito: 0,64) e GC (tamanho do efeito: 0,21).

GL pós-operatório do lado operado apresentou menor simetria entre os membros que GC (tamanho do efeito: 0,09).

5.3. Posturografia

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da avaliação posturográfica dos dois grupos. A oscilação anteroposterior (eixo Y) e mediolateral (eixo X) foram medidas em centímetros (cm); a área total de deslocamento em cm² e a velocidade de oscilação em cm/s.

Tabela 5 – Avaliação Posturográfica com movimento de flexão e chute do Grupo-LCA e Grupo-Controle

	Grupo-LCA (GL)				Grupo-Controle (GC)	p	Tamanho do efeito
	Pré-operatório		Pós-operatório				
	ML	MSL	MO	MSL			
	Média (DP)		Média (DP)				
<i>Teste chute</i>							
Amplitude X (cm)	3,80 (0,50)	3,82(0,89)	3,70 (0,75) [#]	3,77 (0,58)	3,93 (0,45) [#]	>0,05	0,16-0,38
Amplitude Y (cm)	7,63 (1,92) [∞]	8,08 (2,09) ^{μθ}	7,14 (1,93)	7,20 (1,25) ^θ	6,68 (1,39) ^{∞μ}	<0,01	0,23-0,81
Velocidade (cm/s)	9,81 (2,65) ^β	10,52 (3,49) ^{βμθ}	9,20 (1,83)	9,40 (1,55) ^θ	9,19 (1,94) ^μ	0,04 ^{μθ}	0,12-0,89
						0,01 ^β	
Área (cm²)	26,29 (10,92) ^β	31,77 (11,88) ^{βμθ}	24,38 (8,09)	24,91 (6,39) ^θ	23,36 (7,22) ^μ	<0,01 ^{μθ}	0,14-0,89
						0,03 ^β	
<i>Teste Flexão</i>							
Amplitude X (cm)	3,40 (0,77)	3,50 (0,64) ^μ	3,21 (0,41) ^Σ	3,35 (0,44) ^Σ	3,38 (0,42) ^μ	0,02 ^μ	0,03-0,38
						0,03 ^Σ	
Amplitude Y (cm)	6,97 (1,89)	7,30 (2,00)	6,61 (1,38)	6,64 (1,38)	6,98 (1,54)	>0,05	0,05-0,17
Velocidade (cm/s)	8,97 (2,62)	9,75 (2,60) ^{θμ}	8,35 (1,33)	8,35 (2,10) ^θ	8,70 (1,51) ^μ	0,03	0,13-0,60
Área (cm²)	24,20 (8,97) [*]	24,05 (10,42) ^μ	19,85 (5,74) [*]	20,62 (7,51)	20,08 (6,51) ^μ	<0,01 [*]	0,02-0,59
						0,03 ^μ	

Legenda: ML: membro com lesão; MSL: membro sem lesão; MO: membro operado; X: oscilação mediolateral; Y: oscilação anteroposterior;

DP: desvio padrão. **Teste Wilcoxon - comparação intragrupo; Diferença entre GL pré-operatório e GL pós-operatório** * - Lado operado; θ - Lado não operado. Diferença entre lado operado e lado não operado: β - GL pré-operatório (lado operado) versus GL pré-operatório (lado não operado); Σ - GL pós-operatório (lado operado) versus GL pós-operatório (lado não operado). **Testes Mann Whitney - comparação GL Versus GC:** ∞ - diferença entre GL pré-operatório (lado operado) e GC; # - diferença entre GL pós-operatório (lado operado) e GC; μ - diferença entre GL pré-operatório (lado não operado) e GC.

No teste chute, GL pós-operatório operado apresentou menor oscilação mediolateral (amplitude X) que GC (tamanho do efeito: 0,38).

GL pré-operatório operado apresentou maior oscilação anteroposterior (amplitude Y) que GC (tamanho do efeito: 0,58) no teste chute.

GL pré-operatório não operado apresentou maior oscilação anteroposterior (amplitude Y) que GL pós-operatório não operado (tamanho do efeito: 0,52) e GC (tamanho do efeito: 0,81) no teste chute.

A área e velocidade de oscilação foram maiores no GL pré-operatório não operado comparado ao GL pós-operatório não operado (tamanho do efeito: 0,73 e 0,42, respectivamente) GL pré-operatório operado (tamanho do efeito: 0,49, e 0,23, respectivamente), GC (tamanho do efeito: 0,89 para as duas variáveis).

No teste flexão, GL pré-operatório não operado apresentou maior oscilação mediolateral (amplitude X) que GC (tamanho do efeito: 0,38).

GL pós-operatório não operado apresentou maior oscilação mediolateral (amplitude X) que GL pós-operatório operado (tamanho do efeito: 0,34) no teste flexão.

GL pré-operatório não operado apresentou maior velocidade de oscilação que GL pós-operatório não operado e GC (tamanho do efeito: 0,60 para ambas as comparações) no teste flexão.

GL pré-operatório operado apresentou maior área de oscilação que GL pós-operatório operado no teste flexão (tamanho do efeito: 0,59) no teste flexão.

GL pré-operatório não operado apresentou maior área de oscilação GC (tamanho do efeito: 0,47).

Não houve diferença estatística significativa nas demais variáveis.

5.4. Dinamometria isocinética

Na tabela 6 são apresentados os resultados da dinamometria isocinética dos dois grupos.

A força muscular foi avaliada pelo pico de torque normalizado pela massa corporal e pelo trabalho da melhor repetição na velocidade de 60º/segundo. A relação agonista/antagonista (flexão/extensão) avalia o equilíbrio entre os dois grupos musculares. A resistência muscular foi avaliada pelo trabalho total realizado nas 20 repetições na velocidade de 240º/segundo.

Tabela 6 – Dinamometria isocinética dos flexores e extensores de joelho do Grupo-LCA (GL) e Grupo-Controle (GC)

	Grupo-LCA (GL)				Grupo-Controle (GC)	P	Tamanho do efeito
	Pré-operatório		Pós-operatório				
	ML	MSL	MO	MSL			
	Média (DP)		Média (DP)		Média (DP)		
Velocidade 60 °/s							
PT/P Extensores (%)	221,7 (61,8) ^{∞*β}	295,9 (41,1) ^{βμ}	267,5 (65,2) ^{*Σ}	293,6 (64,6) ^Σ	270,2 (37,2) ^{∞μ}	<0,01	0,05-1,44
PT/P Flexores (%)	126,2 (31,7) ^{*β}	145,1 (30,2) ^β	140,8 (32,8) ^{*Σ}	154,4 (36,0) ^{μΣ}	145,1 (30,2) ^μ	0,03	0,14-0,79
TMR extensores (J)	136,8 (44,9) ^{∞*β}	174,2 (39,0) ^{βθ}	166,6 (50,2) ^{*Σ}	184,4 (46,2) ^{θΣ}	164,9 (41,1) [∞]	<0,01	0,11-1,04
TMR Flexores (J)	82,4 (30,0) ^{*β}	98,3 (26,0) ^β	97,0 (27,7) ^{*Σ}	107,5 (26,6) ^{μΣ}	88,3 (22,0) ^μ	<0,01	0,23-0,81
R agon/antag (%)	57,0 (13,16) ^{∞β}	49,3 (6,2) ^{βθ}	54,5 (9,6) [#]	52,5 (6,1) ^θ	50,0 (6,5) ^{∞#}	<0,01	0,22-0,75
Velocidade 240 °/s							
TT- extensores (J)	1289,2 (365,2) ^{∞*β}	1475,5 (273,6) ^{θβ}	1463,6 (382,0) ^{*Σ}	1654,1 (331,7) ^{θΣ}	1482,5 (303,1) [∞]	<0,01	0,03-0,59
TT - flexores (J)	765,9 (212,3) ^{*β}	812,4 (184,6) ^β	860,7 (262,7) [*]	976,6 (264,7) ^μ	853,1 (183,1) ^μ	0,01 ^{*μ}	0,06-0,44
						0,04 ^β	

Legenda: ML: membro com lesão; MSL: membro sem lesão; MO: membro operado; DP: desvio padrão; PT/P: pico de torque corrigido pelo peso corporal; TMR - trabalho da melhor repetição; R agon/antag: relação entre agonista e antagonista; TT: trabalho total; J: joule. **Teste Wilcoxon - comparação intragrupo: Diferença entre GL pré-operatório e GL pós-operatório:** * - Lado operado; ^θ - Lado não operado. Diferença entre lado operado e lado não operado: ^β - GL pré-operatório (lado operado) versus GL pré-operatório (lado não operado); ^Σ - GL pós-operatório (lado operado) versus GL pós-operatório (lado não operado). **Testes Mann Whitney - comparação GL Versus GC:** [∞] - diferença entre GL pré-operatório (lado operado) e GC; [#] - diferença entre GL pós-operatório (lado operado) e GC; ^μ - diferença entre GL pré-operatório (lado não operado) e GC; ^Σ - diferença entre GL pré-operatório (lado não operado) e GC.

O pico de torque corrigido pela massa corporal (PT/P) e trabalho da melhor repetição dos extensores, avaliados na velocidade de 60°/segundo, foram menores no GL pré-operatório operado comparado ao GL pós-operatório operado (tamanho do efeito: 0,73 e 0,64 para PT/P e TRM, respectivamente), GL pré-operatório não operado (tamanho do efeito: 1,44 e 1,04, respectivamente) e ao GC (tamanho do efeito: 0,98 e 0,59, respectivamente).

GL pós-operatório operado apresentou menor PT/P e TRM dos extensores que GL pós-operatório não operado (tamanho do efeito: 0,73 e 0,37, respectivamente).

GL pré-operatório não operado apresentou maior PT/P e TRM dos extensores que GC (tamanho do efeito: 0,51 e 0,36, respectivamente).

Nos flexores, GL pré-operatório operado apresentou menor PT/P e TRM que GL pré-operatório não operado (tamanho do efeito: 0,14 e 0,36, respectivamente) e GL pós-operatório operado (tamanho do efeito: 0,46 e 0,30, respectivamente).

GL pós-operatório não operado apresentou maior PT/P e TRM dos flexores que GL pós-operatório operado (tamanho do efeito: 0,40 e 0,39, respectivamente) e GC (tamanho do efeito: 0,79 e 0,81, respectivamente).

A relação agonista/antagonista foi maior no GL pré-operatório membro operado que GL pré-operatório não operado e GC (tamanho do efeito: 0,75 e 0,70, respectivamente).

GL pós-operatório operado apresentou maior relação agonista/antagonista que GC (tamanho do efeito: 0,55).

GL pré-operatório não operado apresentou menor relação agonista/antagonista que GL pós-operatório não operado (tamanho do efeito: 0,52).

O trabalho total dos extensores avaliado na velocidade de 240°/segundo, foi menor no GL pré-operatório operado comparado ao GL pré-operatório não operado, GL pós-operatório operado e ao GC (tamanho do efeito: 0,58, 0,47 e 0,59, respectivamente).

GL pós-operatório membro não operado apresentou maior TT dos extensores que GL pré-operatório membro não operado e GL pós-operatório membro operado (tamanho do efeito: 0,60 e 0,54, respectivamente).

No TT dos flexores, GL pré-operatório membro operado foi menor que GL pré-operatório membro não operado e GL pós-operatório membro operado (tamanho do efeito: 0,24 e 0,40, respectivamente).

GL pós-operatório membro não operado apresentou maior TT que GL pós-operatório membro operado (tamanho do efeito: 0,45).

5.5. Correlações

Foram realizadas correlações entre os parâmetros posturográficos: oscilação no eixo Y (anteroposterior) e força muscular (PT/P); área de oscilação e força muscular (PT/P); entre a distância saltada e índice de simetria entre membros do *Hop Test* com a força muscular.

Tabela 7 – Correlação entre Posturografia (teste chute) e força muscular (PT/P), e entre *Hop Test* e força muscular (PT/P) do GL lado operado pós-operatório.

	PT/P	
	Extensor r (p)	Flexor r (p)
Chute - Oscilação anteroposterior	0,40 (0,02)	0,44 (0,01)
Chute – Área	0,42 (0,01)	0,40 (0,02)
Hop Test - Distância	0,47 (0,01)	0,48 (<0,01)

Legenda: PT/P: pico de torque corrigido pela massa corporal; *diferença estatística significativa; p: nível de significância; r: coeficiente de correlação. Teste de correlação de Spearman: entre força muscular e posturografia; entre força muscular e *Hop Test*.

Houve correlação positiva e moderada entre pico de torque corrigido pela massa corporal (PT/P) (extensor e flexor) e as variáveis posturográficas: área e oscilação anteroposterior no teste de chute.

Houve correlação positiva e moderada da distância saltada do *Hop Test* com PT/P (extensor e flexor) pós-operatório.

A figura 5 mostra o gráfico de dispersão da posturografia teste chute, oscilação anteroposterior (Y), e da dinamometria isocinética dos extensores.

Figura 5 – Posturografia teste chute (oscilação no eixo Y) e força muscular dos músculos extensores

A figura 6 mostra o gráfico de dispersão da posturografia teste chute, oscilação anteroposterior (Y) e da dinamometria isocinética dos flexores.

Figura 6 – Posturografia teste chute (oscilação no eixo Y) e força muscular dos músculos flexores

A figura 7 mostra o gráfico de dispersão da posturografia teste chute, parâmetro área, e da dinamometria isocinética dos extensores.

Figura 7 – Posturografia teste chute (área) e força muscular dos músculos extensores

A figura 8 mostra o gráfico de dispersão da posturografia teste chute, parâmetro área, e da dinamometria isocinética dos flexores.

Figura 8 – Posturografia teste chute (área) e força muscular dos músculos flexores

A figura 9 mostra o gráfico de dispersão do *Hop Test* e da dinamometria isocinética dos extensores.

Figura 9 – Hop Test e força muscular dos músculos extensores

A figura 10 mostra o gráfico de dispersão do Hop Test e da dinamometria isocinética dos flexores.

Figura 10 – Hop Test e força muscular dos músculos flexores

6. DISCUSSÃO

Os grupos avaliados foram similares em relação à idade, gênero, IMC, altura, massa corporal e categoria esportiva.

Houve predomínio do sexo masculino em ambos os grupos (GL - 82,5% e GC: 79,4%). A lesão do LCA predominou nos homens, possivelmente, porque estes ainda são maioria nos esportes competitivos. A pequena quantidade de mulheres da presente amostra, não deve interferir nos resultados, de acordo com Ryan et al. (2014) (115), que mostrou que o gênero não afeta as avaliações funcionais. A grande similaridade entre os grupos, permite a comparação sem restrições.

Os dois grupos avaliados tinham idade abaixo de 29 anos, dado concordante com a literatura em termos de incidência. Arden et al. (2014) (62) refere que indivíduos mais jovens e do sexo masculino têm melhor recuperação funcional em relação ao nível de atividade física e condição psicológica anterior à lesão, mas Kamien et al. (2013) (116) referem que indivíduos mais ativos, com 25 anos ou menos, apresentam maior incidência de falha do enxerto, causada por sobrecarga e uso excessivo. Assim, ainda que os jovens tenham maior potencial de recuperação funcional, deve-se ter cuidado com os excessos. Na amostra estudada, não foi visto nenhum caso de falha do enxerto, sendo que a única exclusão por complicações foi por uma fratura de tíbia.

O índice de massa corporal (IMC) alto é citado por Valk et al. (2013) (54) como um dos fatores que pioram o prognóstico pela menor atividade física nos dois anos seguintes à operação. Neste estudo, o IMC se manteve dentro do normal no pós-operatório, possivelmente, porque a amostra foi constituída apenas de atletas e indivíduos mais jovens.

Os atletas do GL pré-operatório tinham maior escore na Escala de Tegner que no pós-operatório, mostrando que em 12 meses não atingiram os índices atléticos pré-lesão. A escala Tegner varia de zero a 10, sendo que 10 representa prática de atividades com grande exigência de estabilidade do joelho (rúgbi e futebol). O escore médio do GL pós-operatório era sete, menor que no pré-operatório, mostrando que ainda há deficiência para a prática de atividades que demandam grande estabilidade do joelho. O tipo de esporte e o nível de prática

devem ser considerados dentro do programa de reabilitação, para que os atletas consigam retomar às suas atividades pré-lesão com segurança.

Os valores pós-operatórios da escala de Tegner encontrados neste estudo foram maiores que os referidos por Gobbi & Francisco (2006)(117), Volpi et al. (2010) (118), Hohmann et al. (2011) (119), Teitsma et al. (2014) (48), fato que demonstra que a recuperação total após a lesão do LCA é difícil, trabalhosa e demanda tempo de reabilitação e aplicação aos exercícios programados.

Gobbi & Francisco (2006) (117) referem que os voluntários atingiram o mesmo nível de atividade pré-operatória apenas 24 meses após a operação, enquanto Volpi et al. (2010) (118) referem que, com quatro meses de pós-operatório, os voluntários tinham o mesmo nível de atividade física pré-lesão (escores entre 7-7,5). Com quatro meses de pós-operatório, o enxerto ainda não está pronto para a prática de esportes que tenham contato físico e mudanças de direção do movimento, pois ainda está em fase de cicatrização, assim o escore de Tegner alto no quarto mês de pós-operatório pode colocar o enxerto em risco.

Hohmann et al. (2011) (119) observaram que há melhora do nível de atividade física após seis e 12 meses pós-reconstrução de LCA, quando comparados ao pré-operatório. A grande crítica que se pode fazer a este estudo é que a amostra não era composta por atletas (Tegner=3), que durante a reabilitação se tornaram mais ativos (Tegner=6), fato que pode ter interferido, pela mudança do perfil da amostra, que se tornou ativa durante o processo de reabilitação. No estudo atual, o grupo foi composto por atletas, daí a maior dificuldade de se atingir o escore pré-operatório aos 12 meses de reconstrução do LCA.

A taxa de retorno ao mesmo nível esportivo, pré-lesão, vem aumentando nos últimos anos, possivelmente pela maior compreensão da lesão do LCA, cirurgias mais precisas e cuidadosas e programas de reabilitação mais eficientes. Quarenta a 56% dos atletas retornam à condição pré-lesão após a reconstrução do LCA (26,61–63), sendo que 75% retornam às atividades esportivas em 12 ou menos meses após a cirurgia (63).

Os fatores demográficos, funcionais, psicológicos e socioeconômicos podem influenciar a taxa de sucesso de retorno ao esporte (7,61). Indivíduos do sexo masculino, idade ≤ 24 anos, atletas de elite, processo cirúrgico e de

reabilitação bem-sucedido e como forte motivação retornam ao esporte na mesma condição pré-lesão. Fatores psicológicos como o medo de outra lesão e falta de estrutura adequada para reabilitação e treinamento prejudicam este retorno (7,61).

Os atletas do estudo atual mostraram boa recuperação, se igualando ao GC, mesmo não atingindo o nível pré-lesão. Os valores mais altos da escala de Tegner são atingidos por atletas de alta intensidade e praticantes de esportes que demandam maior estabilidade do joelho, dentre os quais o futebol e rúgbi.

Os pacientes do GL, na avaliação pós-operatória do membro operado, tiveram melhor desempenho no *Hop Test* quando comparada com o pré-operatório do GL e com o GC. A maior distância saltada no pós-operatório reflete a melhora do membro operado em relação à fase pré-operatória, fato esperado, pela melhora da instabilidade, que leva ao bom desempenho nos testes de salto, que demandam controle proprioceptivo. O melhor desempenho em relação ao controle pode ser considerado como um bom indicador para a volta ao esporte, mesmo que o escore de Tegner referido tenha sido menor que na fase pré-operatória. O desempenho no teste de salto é uma medida mais confiável que um escore recordatório.

Na fase pré-operatória, as distâncias saltadas dos lados com e sem lesão foram menores que o GC. Após a reconstrução do LCA e reabilitação, as distâncias saltadas aumentaram, mostrando que a instabilidade da articulação afeta o desempenho dos dois membros, independente da lesão. Assim, a comparação entre os lados com lesão e sem lesão sempre precisa ser feita com ressalvas, pois o desempenho funcional do lado sem lesão pode estar comprometido. Muitos dos estudos com *Hop Test*, fazem apenas a avaliação pós-operatória e usam o membro contralateral, sem lesão, como referência de normalidade, dado que pode ser insuficiente para que a volta ao esporte seja feita com total segurança.

A variação no desempenho nos testes de salto, nos vários artigos, precisa ser analisada com cuidado, pela variabilidade de amostras e métodos de comparação, que mostram diferentes resultados. O tempo e a adaptação à lesão nos pacientes não operados e o tempo de cirurgia e o programa de reabilitação nos operados podem interferir nos resultados. Também são necessários

cuidados e correções nas variáveis antropométricas quando se analisam as distâncias absolutas saltadas. No atual estudo, observou-se grande melhora no desempenho do *Teste de salto*, após 12 meses da reconstrução do LCA com tendão de flexores, que proporciona maior preservação da força extensora do quadríceps, sendo inclusive maior que no GC.

O outro dado fornecido pelo *Hop Test* é o índice de simetria entre as distâncias saltadas pelo membro operado e pelo não operado, também pela possibilidade de se avaliar as deficiências bilaterais antes e depois da reconstrução (94–96). O índice de simetria, que compara as distâncias saltadas pelos dois membros, é uma variável que serve como um fator normalizador das diferenças antropométricas e ajuda na comparação entre os dois membros (112).

Houve aumento do índice de simetria no pós-operatório, quando comparado ao pré-operatório no GL. O GC (100% de simetria) e GL pós-operatório (96%) mostraram valores muito próximos, sem diferença estatística, maiores que o índice pré-operatório, que foi de 88%. O índice de simetria maior ou igual a 90% é um dos critérios para retorno ao esporte, mas sempre deve ser avaliado juntamente com tempo de operação e grau de controle neuromuscular e força muscular.

No estudo atual, foram encontradas diferenças no índice de simetria do GL, em ambas avaliações pré e pós-operatória, dados distintos aos de Gustavsson et al. (2006) (59) que compararam indivíduos com 11 meses de lesão do LCA não operados e indivíduos com seis meses de reconstrução e não observaram diferença na simetria. Este resultado mostra que a simetria deve ser sempre avaliada com cuidado, pois é medida pela relação dos dois membros, que podem ser ambos deficitários.

Reid et al. (2007) (85) referem ter encontrado assimetria, pela maior distância saltada pelo membro operado, entre a 16^a e 22^a semana de pós-operatório. Já o estudo atual, feito após 12 meses de reconstrução, mostra aumento na distância saltada e maior simetria, possivelmente pelo maior controle neuromuscular, força e confiança em ambos os membros, particularmente o lado operado. Mattacola et al. (2002) (120), porém, referem menor distância saltada do lado operado em relação ao contralateral, em

pacientes com 18 meses de pós-operatório, dados corroborados por Gokeler et al. (2017) (96). Os mesmos autores referem força muscular deficiente, parâmetro fortemente associado com o desempenho nos testes de salto, resultado distinto do presente estudo, onde a força muscular estava preservada.

Logerstedt et al. (2012) (88) referem que a simetria entre os membros no *Teste de salto* aos seis meses é um fator preditivo da boa função do joelho, avaliada pelo IKDC, aos 12 meses após a reconstrução. Não encontraram, porém, relação entre o índice de simetria pré-operatório e a função pós-operatória. Estes resultados são controversos, pois o menor desequilíbrio pré-operatório está ligado a resultados melhores. Critica-se, neste estudo citado, o não relato de complicações e o uso do IKDC (função informada pelo paciente). Neste estudo, todos os pacientes tiveram controle do programa de reabilitação, fator que pode ter sido determinante para os resultados vistos aos 12 meses de pós-operatório, independente da condição pré-operatória.

Gustavsson et al. (2006) (59) mostraram 6% de assimetria em indivíduos saudáveis, 21% nas lesões do LCA não operadas e 20% após seis meses da reconstrução. Estes dados sugerem que, aos seis meses de reconstrução, a simetria não foi estabelecida, sendo um fator de restrição para o retorno ao esporte. Aos 12 meses, no estudo atual, houve melhora da simetria, que atingiu níveis para retorno à atividade esportiva com segurança.

Estes dados sugerem, fortemente, que a volta ao esporte com segurança é multifatorial e que o tempo de pós-operatório serve como balizador, mas não pode ser, nunca, considerado de forma isolada.

A posturografia feita na plataforma de força, para avaliar os deslocamentos do centro de pressão (COP), tem sido usada nas avaliações estáticas e dinâmicas das reconstruções do LCA (7,13). Bryant et al. (2009) (121) referem que após a reconstrução do LCA ocorrem modificações da ativação muscular dos extensores e flexores de joelho para potencializar a ação do LCA e evitar a anteriorização da tibia durante os movimentos, assim o uso da plataforma de força pode ajudar na avaliação para retorno à atividade esportiva.

Neste estudo foram feitas avaliações dinâmicas sobre a plataforma de força, durante a realização dos movimentos de chute e agachamento em flexão

com a coluna ereta em apoio unipodal, para simular uma situação próxima aos gestos esportivos mais comuns aos voluntários avaliados.

Houve menor oscilação mediolateral no eixo X no pós-operatório (membro operado) comparado ao GC no teste chute e ao membro contralateral, no teste flexão, indicando melhora com reconstrução e reabilitação. A oscilação no eixo X demanda pouca ação do LCA, visto que ele deve conter o movimento de translação da tíbia no plano anteroposterior. Com relação à oscilação no eixo Y, no sentido anteroposterior, foram vistas algumas diferenças na avaliação pós-operatória em relação à pré-operatória. A oscilação anteroposterior demanda maior ação do LCA para controle proprioceptivo do membro estático apoiado durante a execução dos movimentos testados.

Na realização do movimento de chute com apoio na perna operada, houve maior oscilação anteroposterior do COP no pré-operatório, mas apenas na comparação com o GC, não se observando diferença em relação ao pós-operatório, fato que demonstra, possivelmente, a persistência de uma deficiência do lado operado. A perda da capacidade proprioceptiva do LCA roto da fase pré-operatória e a maior oscilação anteroposterior na fase pré-operatória são esperadas, mas com expectativa de melhora na fase pós-operatória, que não foi vista. Os resultados encontrados foram iguais do ponto de vista estatístico. Porém, quando o apoio ocorreu no lado não operado, observou-se diminuição da oscilação do COP na avaliação pós-operatória em relação à pré-operatória e GC, mostrando que o lado não respondeu melhor ao programa de reabilitação que o lado operado. Estes achados sugerem que o restabelecimento da função proprioceptiva do LCA após a reconstrução pode ser mais tardia e até não ocorrer de forma total, demandando outros mecanismos de controle durante a execução do movimento. Pode ser um dos fatores da dificuldade de se voltar ao mesmo nível atlético pós-lesão.

A área de oscilação, outra variável analisada na posturografia, foi menor na fase pós-operatória (no apoio do membro operado) que na pré-operatória, nos dois testes realizados de chute e agachamento-flexão. Mesmo que não se tenha visto a mesma diminuição na oscilação ao longo do eixo Y, a área é uma medida mais abrangente da oscilação do COP, pois é a somatória de todas as oscilações realizadas para manter o equilíbrio, inclusive aquelas fora dos eixos

de medição. O resultado encontrado mostra que houve uma melhora das respostas proprioceptivas do joelho operado, pela menor área de oscilação na fase pós-operatória. Outro dado importante que deve ser considerado é a diminuição da velocidade de oscilação do membro operado no pós-operatório em relação ao pré-operatório, parâmetro também relacionado com a melhora das respostas proprioceptivas após a reconstrução do LCA. Tanto a velocidade como a área de oscilação na fase pré-operatória foram maiores no membro são, demonstrando que ele também apresenta comprometimento. A falta de diferença com o GC poderia ser atribuída ao treinamento específico dos pacientes operados, que conseguiram um melhor controle durante o teste em comparação aos pacientes não operados.

O tamanho do efeito da avaliação posturográfica variou de pequeno a médio, fato que pode estar relacionado ao tipo de teste executado. Os testes dinâmicos sobre a plataforma podem incitar estratégias distintas para manter o equilíbrio com comportamentos diferentes da oscilação do centro de gravidade e daí o pequeno tamanho do efeito observado na posturografia.

Alonso et al. (2009) (122) também mostraram tamanho do efeito pequeno (0,25-0,35) na avaliação posturográfica de pacientes com reconstrução LCA e grupo sedentário e atletas saudáveis, assim como Paterno et al. (2013) (25), em estudo similar, que também mostraram efeito pequeno nas avaliações posturográficas.

Existem mudanças no controle do ajuste antecipatório após a lesão do LCA (123). Este fato explica a maior área de oscilação nos dois testes e oscilação anteroposterior no teste chute na fase pré-operatória. Também explica a diminuição de ambos os parâmetros após 12 meses de reconstrução, sugerindo melhora do controle postural. O tempo que o LCA reconstruído demanda para adquirir sua capacidade proprioceptiva não é consensual, mas este estudo sugere que, após 12 meses, o ligamento ainda não tenha recuperado toda sua funcionalidade pré-lesão e seja necessário considerar este achado para a volta ao esporte.

Pahnabi et al. (2014) (124) e Culvenor et al. (2016) (125) encontraram maior oscilação anteroposterior, mediolateral e velocidade de oscilação, sete a 15 meses após reconstrução do LCA, em relação às pessoas sem lesão. Estes

dados são similares aos do presente estudo, ainda que o programa de reabilitação e função muscular prévia possa interferir nos resultados.

Fernandes et al. (2016) (126), com metodologia semelhante ao do estudo atual, em atletas com lesão e controles saudáveis, não encontraram diferença em relação à velocidade, área e oscilação anteroposterior, mas viram maior oscilação mediolateral nos controles saudáveis, dados distintos do atual, onde houve maior oscilação mediolateral na fase pré-operatória no membro são (no teste chute), maior oscilação anteroposterior (no teste do chute) em relação ao GC e maior área e velocidade de oscilação (ambos os testes) em relação ao pós-operatório.

Já outros autores, como Mattacola et al. (2002) (120), usando plataforma dinâmica e Hatton et al. (2017) (127) com testes estáticos, 11 e 18 meses após a reconstrução do LCA, respectivamente, não encontraram diferenças entre o lado operado e o não operado.

Bonfim et al. (2009) (128) sugerem que a deficiência do controle postural no membro contralateral seria central, pelas dificuldades de processar aferências distintas advindas do membro com lesão/reconstrução e do membro sem lesão. Esta discrepância de aferências poderia levar à inibição das respostas e menor desempenho do membro sem lesão. Assim, as comparações entre os membros operado e não operado podem ser pouco fidedignas, causando a diversidade de resultados descritos. Também pode-se perguntar se a lesão do LCA leva à perda do controle postural ou se um controle postural deficiente é um fator preditivo para lesão do LCA.

Muitos dos estudos publicados avaliam resultados funcionais obtidos após a reconstrução do LCA, comparando com o membro contralateral e não usam resultados pré-lesão, assim é possível que ocorra, em alguns desses casos, deficiência bilateral do controle postural. O uso de grupos controles saudáveis é uma boa estratégia para estas avaliações, assim como conhecer a condição pré-lesão.

Duas revisões sistemáticas de Negahban et al. (2014) (13) (joelhos não operados) e Howell et al. (2011) (7) (após reconstrução LCA), mostraram que o membro lesado/operado apresentava maior oscilação anteroposterior, mediolateral, área e velocidade de oscilação quando comparado com membro

contralateral e grupo controle. Negahban et al. (2014) (13), também, referem deficiência bilateral, sempre maior no membro com lesão. Howell et al. (2011) (7) referem a manutenção da deficiência do controle postural até dois anos após a reconstrução. Nas duas revisões citadas, foram incluídas posturografias com olhos abertos, fechados e testes dinâmicos. Os parâmetros mais utilizados foram: amplitude média da oscilação anteroposterior e mediolateral, área e velocidade de oscilação. Os resultados do presente estudo são semelhantes aos encontrados nas duas revisões.

Na maioria dos estudos, com posturografia, pacientes com lesão ou com reconstrução do LCA apresentaram maior oscilação mediolateral, anteroposterior e maior velocidade de oscilação, quando comparados com o membro contralateral e controle saudável, mas não é um consenso absoluto e há necessidade de mais estudos para esclarecimento dos dados controversos.

Também, há que se fazer uma crítica à posturografia estática, a mais utilizada e citada nas pesquisas com LCA. Não é o melhor método de avaliação da propriocepção, pois há necessidade de se avaliar o controle postural e desempenho durante a execução de movimentos.

O equilíbrio postural é uma aptidão física desenvolvida e aperfeiçoada ao longo da vida e envolve vários sistemas corporais, daí a dificuldade da avaliação quantitativa. Nem sempre há perda do controle postural na lesão do LCA, pois a perda proprioceptiva do ligamento roto, pode ser compensada por outras estruturas e sistemas, que se tornam vicariantes.

A complexidade do controle postural explica a variação dos resultados, mas, por outro lado, não se pode relevar: as diferenças do perfil atlético dos pacientes avaliados nos vários trabalhos; os métodos de medida; o tempo pós-lesão e reabilitação, além das variações das estratégias individuais para a realização dos testes. Ainda são necessários mais estudos com critérios de inclusão bem definidos e novas revisões, que permitam avaliar amostras maiores, para redimir todas as dúvidas que persistem neste campo.

Pode se afirmar que a posturografia ainda não é um método totalmente confiável para medir a função proprioceptiva, após a lesão do LCA, e sua utilização para a volta ao esporte deve sempre ser cuidadosa e analisada,

juntamente com os resultados da função muscular e desempenho de atividades (testes de salto).

A força dos músculos extensores do GL foi avaliada pelo pico de torque corrigido (normalizado) pela massa corporal (PT/P) e expresso em porcentagem, o trabalho total (TRM) em joules e a relação flexão/extensão (%) na velocidade de 60°/s. A variável mais utilizada para medir a força muscular é o pico de torque na velocidade de 60°/s, considerado um critério para liberação e retorno ao esporte (23,110,129).

O PT/P e o TRM na velocidade de 60°/s dos músculos extensores do membro operado do GL apresentaram pior desempenho na fase pré-operatória em relação à fase pós-operatória, ao membro não operado (pré e pós-operatório) e GC. Após 12 meses da reconstrução do LCA, houve melhora da condição muscular do lado operado na comparação com o resultado pré-operatório. Resultado esperado, pois, após a lesão do LCA, ocorre uma diminuição reflexa da ação dos extensores e o aumento dos flexores do joelho, para conter a translação anterior da tíbia (130,131), fato que contribui para a maior perda de atividade deste grupo. Observa-se que o lado operado conseguiu um ganho de força muscular bem significativo, sem diferença estatística com os valores do GC. Porém, não houve uma recuperação da condição muscular completa, pois, na avaliação pós-operatória, o lado operado ainda manteve os valores de PT/P e TRM menores que do lado não operado.

Uma observação importante é que os valores do PT/P do lado não operado dos pacientes do GL eram maiores que do GC, mostrando que o lado não operado mantinha uma condição muscular até melhor que o GC. Não houve diminuição da força muscular, vista pelo PT/P na avaliação pós-operatória do lado não operado, mostrando que o treinamento muscular, neste período foi adequado, tanto para ganho de força muscular do membro operado, como para manter a força do lado não operado. Ageberg et al. (2009) (103), Abrams et al. (2014) (97), Pamukoff et al. (2017) (132) avaliaram pacientes com 36, entre 6 e 24 e com 50,7 meses após a reconstrução, respectivamente. Eles referem diminuição do pico de torque nos músculos extensores e flexores na fase pós-operatória, sendo maior nos extensores. O uso do tendão patelar para reconstrução do LCA contribui significativamente para a diminuição do torque

dos extensores na fase pós-operatória, que pode persistir por longos períodos (mais que 12 meses). A reconstrução do LCA, no estudo atual, foi feita apenas com tendões flexores, fato que também contribuiu para prevenir a manutenção e ganho de força dos extensores do lado não operado e operado, respectivamente.

Os músculos extensores são muito afetados nas lesões do joelho e são fundamentais na melhora funcional e estabilidade pós-operatória nas reconstruções de LCA (23,110,129). Os protocolos de reabilitação devem sempre se atentar à importância da ação do quadríceps, ainda que sua ação seja antagonista da ação do LCA. O programa de reabilitação deve buscar um equilíbrio entre os cuidados com o ligamento reconstruído e o programa de fortalecimento muscular. Além do mais, manter e recuperar o lado não operado é muito importante, pela alta demanda que a prática esportiva exige.

O membro não operado do GL também melhorou o desempenho, visto pelo TRM, após a reconstrução. Este dado é importante, pois pode indicar uma deficiência dos extensores na fase pré-operatória do lado não operado, mostrando que este (lado não operado) pode não ser um bom parâmetro para comparação. Muitos autores utilizam o membro não operado como controle e parâmetro de normalidade, principalmente aqueles que o fazem apenas na fase pós-operatória. Westin-Barber & Noyes (2011) (23), em revisão sistemática, referem que o índice de simetria entre os membros é o parâmetro mais usado nos artigos incluídos na sua análise. Esta comparação pode ser criticada, pois o membro sem lesão também pode estar deficitário (94–96), prejudicando a precisão da avaliação evolutiva. O uso de um grupo controle de indivíduos saudáveis e as avaliações pré-operatórias são mais confiáveis e permitem uma melhor avaliação dos ganhos obtidos com a reconstrução do LCA, método utilizado no presente estudo e em outros estudos [(Czaplick, Jarocka & Walawski (2015) (10), Hohmann et al. (2016) (133), Ueda et al. (2016) (98)] e recomendado por Thomeé et al. (2011) (24).

Também os músculos flexores do membro operado tinham deficiência na avaliação pré-operatória quando comparados com a avaliação pós-operatória e com o lado não operado. Houve melhora do pico de torque (PT/P) e trabalho (TRM) na avaliação pós-operatória em relação ao pré-operatório, mas com

valores aquém dos encontrados no membro não operado. Este resultado indica que também houve melhora da força muscular dos flexores, que chegaram aos valores do GC, mostrando que o programa de reabilitação melhorou a força e desempenho dos flexores, até em maior escala que dos extensores, possivelmente pela maior solicitação deste grupo desde a fase inicial do programa de reabilitação. Há melhora mais significativa do desempenho (TRM) que da própria força (PT/P), possivelmente a ação mais fásica dos flexores pode justificar o maior ganho de desempenho, após 12 meses de lesão.

O ganho de força e desempenho nos lados operado e não operado dos flexores foi evidente e o lado não operado mostrou valores maiores que do GC, ainda que o enxerto para a reconstrução tenha sido dos tendões flexores.

É importante ressaltar que todos os resultados da dinamometria isocínica devem ser avaliados em relação ao lado oposto e em relação à massa corporal, isto é, se a força muscular gerada é suficiente para as demandas de cada indivíduo para levantar-se, andar, correr e saltar. Nos presentes dados, pode-se afirmar que, com relação aos extensores, a condição muscular pós-operatória era satisfatória e permitia a prática esportiva em boas condições, porém havia deficiência dos flexores do lado operado em relação ao não operado e no GC, que mostravam valores abaixo de 100%, indicando que este grupo muscular não estava nas condições plenas para executar saltos e corridas, pois não suportava a própria massa corporal, portanto este grupo muscular precisaria ser fortalecido.

Esses resultados, vistos pelo PT/P são similares aos de Ageberg et al. (2009) (103), Czaplick et al. (2015) (10) e Konrath et al. (2016) (134) que mostraram a deficiência dos flexores nas reconstruções com tendão flexor, em relação ao membro contralateral, de 12 a 24 meses após a cirurgia. Para Konrath et al. (2016) (134) e Abrams et al. (2014) (97) o local doador do enxerto pode interferir na aquisição de força pós-operatória, quando houver retardo ou dificuldade de cicatrização, mas não em casos que evoluem bem.

A deficiência dos flexores do joelho e o desequilíbrio muscular consequente, causado por extensores relativamente fortes, são fatores importantes na etiologia da lesão do LCA. Assim, após a reconstrução, é

importante que os flexores do joelho sejam fortes, pela maior necessidade da ação sinérgica deste grupo muscular na estabilidade da articulação.

Czaplick, Jarocka & Walawski (2015) (10) referem melhora da força muscular nas reconstruções com tendão flexor, após 12 meses, em ambos os membros. Também observaram deficiência dos extensores do membro operado, em relação ao não operado, na fase pré-operatória e 12 meses após a cirurgia, enquanto nos flexores a deficiência foi vista apenas na fase pré-operatória. Estes dados são similares aos do estudo atual na avaliação pré-operatória em relação ao membro não operado, mas são distintos na fase pós-operatória, onde ambos os grupos avaliados permaneceram deficitários no lado operado em relação ao não operado. Esta diferença pode ser explicada pelo programa de reabilitação e a melhora mais expressiva do lado não operado, que ultrapassou até os valores vistos no GC.

A relação agonista/antagonista é um indicador do equilíbrio e ação sinérgica dos flexores e extensores para distribuição de carga, estabilidade e proteção ao enxerto (105,135). É muito usada como parâmetro para retorno ao esporte. O valor normal varia de 60-65% na velocidade de 60°/s (105,135). Valores abaixo de 60% significam fraqueza relativa dos flexores e acima de 65% dos extensores. O desequilíbrio muscular é um dos fatores relacionados com osteoartrite precoce e recidiva da lesão do LCA (135).

A relação flexão/extensão no pré-operatório está mais próxima dos valores normais no membro com lesão, possivelmente pela inibição da atividade do quadríceps, isto é, há uma inibição (fraqueza) relativa da atividade dos extensores do joelho. Na fase pós-operatória, apesar do programa de reabilitação, a deficiência dos flexores se manteve, quando avaliada pela relação flexão/extensão, que se manteve abaixo de 60%. O desequilíbrio muscular pós lesão do LCA é um fator importante na incidência de osteoartrite precoce (135), além é claro do risco de recidiva. Note-se que este desequilíbrio é visto, também no GC, mostrando quão comum é a fraqueza relativa dos flexores do joelho. A participação dos pacientes e a compreensão do treinamento e da busca pelo equilíbrio muscular é fundamental para o retorno seguro ao esporte.

Também no membro não operado, observa-se a presença do desequilíbrio relacionado com a fraqueza relativa dos flexores do joelho, sem

melhora na fase pós-operatória, índice que está associado com risco de nova lesão do LCA (105). Este resultado, indica que os músculos flexores têm deficiência de flexores no GC e no GL, dado corroborado pelos valores baixos do PT/P dos flexores vistos na amostra.

Czaplicki, Jarocka & Walawski (2015) (10) encontraram resultados similares ao estudo atual com metodologia semelhante. Referem deficiência relativa dos flexores com valores abaixo de 60% na relação flexão/extensão, com 12 meses de pós-operatório. Os erros de treinamento e as especificidades dos esportes favorecem a atividade muscular dos extensores, mas os flexores do joelho são importantes para controle e estabilidade e, portanto, devem ser incluídos nos programas de treinamento dos esportes com corrida, mudanças de direção, contato físico e saltos.

Fischer et al. (2017) (106) avaliaram a relação flexão/extensão em pacientes submetidos a reconstrução com tendão extensor e flexor. Entre seis e nove meses, referem relação acima de 60% em indivíduos submetido a reconstrução com tendão extensor. Rosene, Fogarty & Mahaffey (2001) (136) avaliaram atletas sem lesão e encontraram relação de 49,8%, demonstrando que a fraqueza relativa dos flexores é muito comum e pouco valorizada no treinamento dos atletas.

A potência e resistência muscular, aptidões físicas muito importantes na prática esportiva, foram avaliadas pelo trabalho total executado nas 20 repetições na velocidade de 240°/s. A deficiência de potência e resistência gera perda de velocidade das respostas musculares, fadiga precoce e aumenta o risco de lesões.

Com relação aos extensores, o membro operado do GL teve desempenho pior na fase pré-operatória em relação à avaliação pós-operatória (membro operado), ao membro não operado (pré-operatório) e ao GC. Já na avaliação pós-operatória, houve melhora em relação à avaliação pré-operatória, mas ainda sem atingir os valores pós-operatórios do lado não operado, mas sem diferença com o GC. Houve ganho também da resistência/potência do lado não operado na fase pós-operatória em comparação com a pré-operatória. Ambos membros do GL melhoraram no pós-operatório e o lado operado se aproximou dos valores

do GC, mostrando que os objetivos do programa de reabilitação, em relação ao ganho de resistência/potência foram atingidos.

Os músculos flexores tiveram pior desempenho de potência e resistência na fase pré-operatória em relação à pós-operatória e em relação ao lado não operado. Após a reconstrução e reabilitação, o lado operado melhorou, mas não atingiu os valores do lado não operado (pós-operatório), mas não foi diferente do GC.

Esta falta de diferença na avaliação pode estar relacionada com a fraqueza relativa dos flexores, já vista na avaliação de força.

Pincivero, Heller & Hou (2002) (137) avaliaram a potência e resistência (velocidade 180°/s) em três grupos: com lesão do LCA, sem lesão e após reconstrução (49,7 meses pós-operatório). O grupo com lesão mostrou melhor desempenho nos dois grupos musculares. Este resultado é explicado pela manutenção da função proprioceptiva e estabilizadora nos pacientes não operados em relação aos operados e pela melhor condição muscular em relação ao grupo sem lesão, pelo programa de reabilitação executado.

Czaplick, Jarocka & Walawski (2015) (10) referem que, o trabalho total (180°/s) antes e após 12 meses de reconstrução com tendão flexor, foi maior nos extensores na avaliação pós-operatória, e que não houve diferença nos flexores. Os autores sugerem a presença de deficiência dos flexores, pois também a relação flexão/extensão foi menor que 68% (relação ideal na velocidade de 180°/s) (105).

Vairo (2014) (138) mostrou trabalho total (240°/s) dos músculos flexores após reconstrução do LCA (25,9 meses pós-operatório) menor no lado operado em relação ao não operado e atribui à falta de recuperação total do trabalho total após a reconstrução.

Neste estudo atual, observa-se que as condições musculares eram piores na fase pré-operatória em relação ao lado não operado e GC. Após 12 meses houve melhora nos principais parâmetros de força e potência/resistência, principalmente em relação aos valores pré-operatórios. Alguns dos parâmetros avaliados atingiram níveis iguais aos do GC. Porém, observa-se que o grupo dos flexores do joelho mostra uma deficiência relativa e absoluta em todos os grupos avaliados, que se manteve, mesmo após o programa de reabilitação. Esta

deficiência relativa e absoluta dos flexores do joelho é impeditiva para a volta segura às atividades esportivas.

Cada um dos testes usados no atual estudo analisa aptidões físicas específicas, mas a correlação dos diferentes parâmetros é importante, pois aumenta o entendimento da lesão, da reconstrução na capacidade funcional do atleta para retorno seguro às atividades esportivas.

Houve correlação positiva e moderada entre pico de torque (60°/s), que representa a força muscular, com a distância saltada no *Hop Test*, com a amplitude de oscilação no eixo Y e área de oscilação no teste de chute.

Não houve correlação entre o teste flexão (posturografia) e força muscular; entre o índice de simetria do *Hop Test* e posturografia; índice de simetria do *Hop Test* e força muscular. Também a Escala de Atividade Física de Tegner não se correlacionou com a posturografia (ambos testes) e com a força muscular.

A correlação positiva da maior oscilação do membro operado no movimento de chute (pior equilíbrio) com maior força muscular parece paradoxal e pouco significativa do ponto de vista clínico, porque era esperado uma correlação negativa entre as duas variáveis. Pode-se discutir se a maior oscilação estaria associada com mais confiança dos indivíduos, dada pela melhor ação muscular, e permitiria levar o COP nos limites da área de manutenção do equilíbrio, porém esta afirmativa não se sustenta, já que os indivíduos tiveram maior oscilação na fase pré-operatória e, também, menor força muscular.

Porém, uma possível explicação é a deficiência dos flexores que se manteve, mesmo 12 meses após a reconstrução, o que pode ser um fator importante para a oscilação, mesmo com a melhora dos extensores. Este resultado, paradoxal e inesperado, merece um estudo mais aprofundado, com uso de eletromiografia e tempos de resposta muscular, que podem ser úteis na elucidação deste achado.

Cinar-medeni et al. (2015) (139) encontraram correlação moderada entre a posturografia unipodal sobre superfície instável e força muscular. Ageberg et al. (2005) (78) estudaram a relação entre controle postural, propriocepção e força muscular e, conforme esperado, observaram que houve

correlação negativa entre velocidade da oscilação e força muscular. O uso do movimento de chute e estratégias distintas para manter o equilíbrio podem ter interferido na oscilação e na falta de correlação com significado do ponto de vista clínico.

A correlação positiva e moderada da força com a distância saltada no *Hop Test* é plenamente justificada, pois a execução do salto requer força, confiança no membro e propriocepção. A força muscular auxilia o impulso do movimento e na aterrissagem, além de aumentar a confiança no membro. Os indivíduos que com mais força conseguem saltos mais longos.

Petschnig, Baron & Albrecht (1998) (82) encontraram correlação moderada entre pico de torque e *Hop Test* após 12 meses de reconstrução do LCA com tendão patelar, na velocidade de 15°/s. Zwolski et al. (2016) (94) e Wellsandt et al. (2017) (95) não encontraram correlação entre distância e simetria do *Hop Test* com a força muscular em pacientes com 20,4 meses e seis meses de reconstrução do LCA, respectivamente. Hohmann, Bryant & Tetsworth (2016) (133) encontraram relação entre o pico de torque e função avaliada pelo Cincinnati Rate System, após seis meses de reconstrução com tendão patelar.

Seria esperado, que houvesse correlação entre a Escala Tegner e as avaliações funcionais, mas como é uma escala auto referida que mede a capacidade do retorno às atividades esportivas, pode ser influenciada por fatores psicológicos, sociais e preferências do paciente, como foi relatado por Ardern et al. (2014) (61), fato que evidencia falta de objetividade da avaliação e sugere cuidados na sua interpretação.

Este trabalho mostra que a reconstrução do LCA em atletas é uma lesão que afeta de forma significativa o desempenho funcional dos indivíduos e o retorno às atividades esportivas deve respeitar a recuperação das várias aptidões físicas comprometidas. As múltiplas avaliações permitem um diagnóstico funcional mais preciso e decisões seguras sobre a volta ao esporte.

6.1. Limitações do estudo

A principal limitação deste estudo foi não ter sido possível, por questões sociais, controlar a reabilitação pós-operatória, pela influência na capacidade

funcional, daí a opção de se fazer as avaliações 12 meses após a reconstrução, quando a maioria já recebeu alta e retornou ao esporte.

Outra limitação pode ser dada pela avaliação posturográfica, na qual os indivíduos poderiam desenvolver estratégias diferentes durante a realização dos movimentos.

7. CONCLUSÕES

As conclusões são:

1. Houve melhor controle postural na fase pós-operatória do membro operado.
2. O desempenho funcional foi normal no *Hop Test* com condições de retorno às atividades esportivas.
3. Houve melhora da atividade muscular dos extensores do joelho com condições de retorno às atividades esportivas.
4. Manutenção da deficiência absoluta e relativa da atividade muscular dos flexores, que não atingiram níveis seguros para a volta às atividades esportivas.
5. A melhora da força muscular contribui positivamente o desempenho funcional no *Hop Test*.
6. A melhora da força muscular dos extensores não impactou positivamente no controle postural na fase pós-operatória.
7. Os atletas operados não atingiram o mesmo nível de atividade pré-lesão na Escala de Tegner.

ANEXOS

Anexo A – Aprovação do Projeto pela CAPPESQ – HCFMUSP

Hospital das Clínicas da FMUSP

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

PROJETO DE PESQUISA

Título: AVALIAÇÃO DINÂMICA DA ESTABILIDADE DO JOELHO APÓS RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR ENTRE AS POSIÇÕES ANTEROMEDIAL E CENTRAL – ESTUDO COMPARATIVO, PROSPECTIVO E RANDOMIZADO EM ATLETAS

Pesquisador Responsável: Arnaldo José Hernandez

Versão: 4

Pesquisador Executante: Danilo Ricardo Okiishi de Oliveira

CAAE: 16235213.4.0000.0068

Finalidade Acadêmica: Aprimoramento

Instituição: HCFMUSP - Instituto de Ortopedia e Traumatologia

Departamento: ORTOPIEDIA E TRAUMATOLOGIA

NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Outros

Detalhe: Subprojeto

Justificativa: Solicitação para realização do sub-projeto

Data do envio: 25/04/2014

PARECER

Registro on-line: 9968

Número do Parecer: 652.361

Data da Relatoria: 19/05/2014 – *ad-referendum*

Apresentação da Notificação: Inclusão de Subprojeto intitulado "ANÁLISE ISOCINÉTICA E POSTUROGRÁFICA DE ATLETAS COM LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR ANTES E APÓS A RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA" que será dissertação de mestrado da aluna ELLEN CRISTINA RODRIGUES tendo como orientadora PROFA. DRA. JÚLIA MARIA D'ANDREA GREVE

Objetivo da Notificação: Inclusão de Subprojeto intitulado "ANÁLISE ISOCINÉTICA E POSTUROGRÁFICA DE ATLETAS COM LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR ANTES E APÓS A RECONSTRUÇÃO ANATÔMICA" que será dissertação de mestrado da aluna ELLEN CRISTINA RODRIGUES tendo como orientadora PROFA. DRA. JÚLIA MARIA D'ANDREA GREVE.

Avaliação dos Riscos e Benefícios: Adequadamente descrito

Comentários e Considerações sobre a Notificação: Procedente

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: Adequados

Recomendações: Aprovação

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: Sem Pendências

Situação do Parecer: APROVADO

Considerações Finais a critério do CEP: Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12 – cabe ao pesquisador: a) desenvolver o projeto conforme delineado; b) elaborar e apresentar relatórios parciais e final; c) apresentar dados solicitados pelo CEP, a qualquer momento; d) manter em arquivo sob sua guarda, por 5 anos da pesquisa, contendo fichas individuais e

Hospital das Clínicas da FMUSP

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq

publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto; f) justificar perante ao CEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

São Paulo, 16 de maio de 2014

Prof. Dr. Alfredo José Mansur
Coordenador
Comissão de Ética para Análise de
Projetos de Pesquisa - CAPPesq

Anexo B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº

APTO: BAIRRO: CIDADE

CEP: TELEFONE: DDD (.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

DOCUMENTO DE IDENTIDADE:SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº

APTO: BAIRRO: CIDADE:

CEP:TELEFONE: DDD (.....)

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Análise isocinética e posturográfica de atletas com lesão do ligamento cruzado anterior antes e após a reconstrução anatômica.

PESQUISADOR: JÚLIA MARIA D'ANDREA GREVE - CARGO/FUNÇÃO:
 PESQUISADORA, INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 26970

2. UNIDADE DO HCFMUSP: Laboratório do estudo do movimento (LEM)

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO ☒ RISCO MÉDIO ☐ RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

Observação: o risco da pesquisa é mínimo, pois ela inclui somente a realização de testes de controle postural e função.

4. DURAÇÃO DA PESQUISA: 3 anos

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

1 - Desenho do estudo e objetivo (s): atletas com lesão de ligamento cruzado anterior apresentam queixas de instabilidade e falseio no joelho. A cirurgia visa restaurar a estabilidade do joelho e a condição pré-lesão. Por isso, o objetivo desta pesquisa é avaliar a estabilidade do joelho antes e após a cirurgia de reconstrução. Desta forma este estudo objetivo avaliar a repercussão da lesão e da cirurgia sobre o controle do equilíbrio, força muscular e estabilidade do joelho. As avaliações são compostas por uma avaliação de força muscular, feita num aparelho chamado isocinético; a avaliação do equilíbrio é composta por quatro testes realizados na plataforma de força e, por fim, é feito um teste de salto que mede a confiança dos indivíduos na estabilidade do joelho testado. Estes testes são realizados antes, após 6 meses e após 1 ano da cirurgia. Sendo assim, as avaliações fornecerão informações sobre a evolução da recuperação pós-operatória.

Todas essas informações acima estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo.

2 - Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros: as avaliações serão agendadas em uma sessão nos períodos da manhã ou tarde no laboratório do movimento do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo, localizado na rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 2º andar e terá duração de uma hora. No dia dessa avaliação, inicialmente serão pesados e feita medida da altura. Em seguida serão realizados o teste de força com aparelho isocinético. Para avaliar o equilíbrio, você realizará um teste em que realizará atividades de ficar em pé sem apoio. E por fim, você realizará um salto na distância que sentir-se seguro para realizar. Após esses procedimentos, você deverá subir sobre o aparelho plataforma de força e manter o apoio do corpo sobre um único membro e seguir as instruções do avaliador sobre os movimentos a serem realizados. Durante todo o exame, o indivíduo terá que vestir-se com roupas leves (short).

Após passar 6 meses e 1 ano da data da cirurgia serão novamente agendados os mesmos testes realizados antes da cirurgia, com objetivo de avaliar a recuperação pós-operatória.

3 - Relações dos procedimentos rotineiros e como são realizados: não há relação de procedimentos rotineiros.

4 – Descrição dos desconfortos e riscos esperados nos procedimentos dos itens 2 e 3. Todos os testes descritos acima são realizados sem cortes ou intervenções invasivas e não geram riscos ao participante.

5 – Benefícios para o participante: a pesquisa não trará benefícios diretos aos participantes.

6 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar: todos os procedimentos serão aplicados de forma padronizada com todos os participantes.

7 – Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é a Dra. Julia Maria D’Andrea Greve, que pode ser encontrada na Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, no Laboratório do Estudo do Movimento Humano, 2º andar (Ala C) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas, onde estará disposição às quintas-feiras pela manhã, das 8:00 as 11:00 horas, ou pelo telefone (011) 2661-60-41. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – Tel.: 2661-6442; Ramais 16, 17, 18 ou 20 - E-mail: cappesq@hcnet.usp.br;

8 - É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

09 - Direito de confidencialidade - As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

10 - Ao paciente reserva-se o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais da pesquisa;

11 - Despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo avaliações e tratamento. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação.

12 - O pesquisador compromete-se a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Análise isocinética e posturográfica de atletas com lesão do ligamento cruzado anterior antes e após a reconstrução anatômica”.

Eu, discuti com a Dra. Julia Maria D’Andrea Greve e a fisioterapeuta Ellen Cristina Rodrigues Felix sobre a minha decisão em participar desse estudo. Ficou claro para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanente. Também foi esclarecido que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal Data / /

Assinatura da testemunha Data / /

Para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semianalfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

Somente para o responsável do projeto - Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo Data / /

Anexo C – Questionário**Ficha de Avaliação**

Data: __/__/__

Nome: _____

Data de nascimento: __/__/__ RG: _____ CPF: _____

Tempo de lesão/cirurgia: _____

Nome da mãe: _____

Endereço: _____

E-mail: _____ Idade: _____ Profissão: _____ Sexo: () M () F

Dominância: () Direita () Esquerda () Ambas

Altura: _____ Peso: _____ IMC: _____

Esporte que pratica: _____

Volume de treino semanal: _____

Apresentou alguma lesão nos membros inferiores nos últimos 6 meses, que o impediu de praticar esporte? () Sim () Não Se sim, qual?

Já apresentou lesão no joelho () Sim () Não Se sim, qual?

Data da cirurgia: _____

Onde fez Fisioterapia: _____

Frequência semana de tratamento fisioterapêutico: _____

Tempo de duração do tratamento fisioterapêutico: _____

Sente dor: () sim () não

Durante qual atividade? _____

Anexo D - Escala de atividade física de Tegner

Level 10	Competitive sports- soccer, football, rugby (national elite)
Level 9	Competitive sports- soccer, football, rugby (lower divisions), ice hockey, wrestling, gymnastics, basketball
Level 8	Competitive sports- racquetball or bandy, squash or badminton, track and field athletics (jumping, etc.), down-hill skiing
Level 7	Competitive sports- tennis, running, motorcars speedway, handball Recreational sports- soccer, football, rugby, bandy, ice hockey, basketball, squash, racquetball, running
Level 6	Recreational sports- tennis and badminton, handball, racquetball, down-hill skiing, jogging at least 5 times per week
Level 5	Work- heavy labor (construction, etc.) Competitive sports- cycling, cross-country skiing, Recreational sports- jogging on uneven ground at least twice weekly
Level 4	Work- moderately heavy labor (e.g. truck driving, etc.)
Level 3	Work- light labor (nursing, etc.)
Level 2	Work- light labor Walking on uneven ground possible, but impossible to back pack or hike
Level 1	Work- sedentary (secretarial, etc.)
Level 0	Sick leave or disability pension because of knee problems

Anexo E – Procedimento cirúrgico

Os pacientes foram submetidos ao exame físico sob anestesia antes da realização da incisão na pele. Foram realizados os testes de Lachman, gavetas anterior e posterior, *pivot shift*, manobras de abertura em varo ou valgo com o joelho a 0° e a 30° de flexão e o *dial test*.

Nos casos em que o exame físico revelasse alguma dúvida quanto à instabilidade do joelho, era realizada a inspeção artroscópica pelos portais lateral e AM com uma óptica de 30° de angulação e o joelho flexionado a 90°. Confirmada a lesão do LCA através do exame físico sob anestesia ou através da inspeção artroscópica, era realizada a retirada do enxerto dos tendões grácil e semitendíneo, através de uma incisão longitudinal de 3 a 4 cm na região anteromedial da tibial, que posteriormente também seria utilizada para a perfuração do túnel tibial. Os enxertos tendíneo eram, então, preparados na configuração quádrupla para a reconstrução anatômica do LCA com banda simples.

Realizava-se o desbridamento artroscópico, identificação e o tratamento de lesões associadas. Todos os casos de lesões instáveis do menisco foram tratados através de meniscectomia parcial. Lesões condrais instáveis eram desbridadas. Não foi necessária a realização de procedimento de micro fraturas em nenhuma das lesões.

Os cotos ligamentares do LCA na tibia e na parede medial do côndilo femoral lateral eram identificados e desbridados com o cuidado de preservar a área de impressão ligamentar na origem femoral e inserção tibial. Não foi necessária a realização de intercondiloplastia em nenhum dos casos. Sempre que possível foram preservadas as fibras remanescentes.

A fixação femoral do enxerto foi realizada por *endobotton*. O joelho era mobilizado em toda sua amplitude de movimento para descartar a ocorrência de impacto do enxerto na região anterior do Inter côndilo. A isometricidade do enxerto foi verificada por visão direta do mesmo junto ao orifício externo do túnel tibial.

A fixação final do enxerto com parafuso de interferência na tibia foi realizada com 10° de flexão do joelho, 15° de rotação externa da perna e gaveta

posterior sobre a tíbia. No caso de limitação de extensão total, uma nova fixação do enxerto era realizada com o joelho mais estendido.

Anexo F – Protocolo de reabilitação da reconstrução do LCA – Grupo de Medicina Esportiva do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) HC FMUSP

Enfermaria / Pós-operatório imediato

- Posicionamento no leito: manter o membro operado elevado e em extensão
- Crioterapia por 20 minutos quatro vezes ao dia (diminuição da dor e edema)
- Exercícios ativos do tornozelo
- Exercícios isométricos para quadríceps e musculatura do quadril (glúteos, abdutores e adutores)
- Iniciar movimentos ativos assistidos do quadril e joelho (flexão sem restrição, extensão 0°)
- Treino de marcha com muletas axilares, sem carga, durante quatro dias

4° ao 14° dia – Domicílio / Ambulatório

- Manter cuidados anteriores
- Mobilização patelar
- Alongamento de isquiotibiais utilizando faixa
- Trabalho de flexão, extensão, abdução e adução de quadril
- Treino de marcha com carga parcial, muletas axilares ou canadenses

14° dia ao 1° mês

- Flexão de 110° - movimentação na parede
- Alongamento do quadríceps a partir da extensão do quadril, manter alongamento dos isquiotibiais e mobilização patelar
- Exercícios resistidos com elástico
- Exercícios com resistência manual - sentado realizando isométrico entre 10° a 60° para quadríceps e em decúbito ventral para isquiotibiais
- Fortalecimento com peso, conforme tolerância do paciente e aumento gradativo
- Marcha com uma muleta (durante uma semana) e apoio total (final do 1° mês)
- Pedalar com membro contralateral e banco da bicicleta alto

1º mês ao 2º mês

- Amplitude do movimento completa (forçar gradativamente)
- Bicicleta sem carga e após com carga
- Alongamento global
- Aumento de carga dos exercícios resistidos
- Acrescentar exercícios de cadeia cinética fechada
- Evitar exercícios de cadeia cinética aberta
- Exercícios de flexão do joelho entre 0º a 60º
- Propriocepção em dois apoios - prancha e almofada
- Elevação na ponta dos pés
- Liberado para dirigir carro (após seis semanas)
- Liberado para natação (após seis semanas)

3º mês

- Bicicleta com carga
- Aumento da carga dos exercícios resistidos
- Treino de resistência com elástico na cintura
- Corrida estacionária no colchão
- Propriocepção com apoio unipodálico – chão, colchão, prancha e cama elástica
- Marcha em oito
- Fortalecer os últimos graus de extensão com elástico no joelho
- Programa de caminhada

4º ao 5º mês

- Trote
- Correr em linha reta
- Saltos sem mudanças bruscas
- Apoio unipodálico na cama elástica com movimento

6º ao 7º mês

- Correr com freadas bruscas
- Correr em 8 e em Z
- Pliometria - trabalho excêntrico seguido de concêntrico (saltos)

8º mês

- Liberação para o esporte se sem queixas

REFERÊNCIAS

1. Swenson DM, Collins CL, Best T, Flanigan C, Fields S, Comstock RD. Epidemiology of Knee Injuries among US high school. *Am Coll Sport Med*. 2014;45(3):462–9.
2. Nicolini a P, de Carvalho RT, Matsuda MM, Sayum JF, Cohen M. Common injuries in athletes' knee: experience of a specialized center. *Acta Ortop Bras*. 2014;22(3):127–31.
3. Dai B, Herman D, Liu H, Garrett WE. Research in Sports Medicine : An Prevention of ACL Injury , Part I : Injury Characteristics , Risk Factors , and Loading Mechanism. *Res Sport Med*. 2012;20(3–4):180–97.
4. Ireland ML. The female ACL: why is it more prone to injury? *Orthop Clin N Am*. 2002;33:637–51.
5. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med*. 2012 Jul ;20(3–4):157–79.
6. Paszkewicz J, Webb T, Waters B, Welch McCarty C, Van Lunen B. The effectiveness of injury-prevention programs in reducing the incidence of anterior cruciate ligament sprains in adolescent athletes. *J Sport Rehabil*. 2012 Nov;21(4):371–7.
7. Howells BE, Ardern CL, Webster KE. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. *Knee surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2011 Jul;19(7):1168–77.
8. Clark R a., Howells B, Pua Y-H, Feller J, Whitehead T, Webster KE. Assessment of standing balance deficits in people who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction using traditional and modern analysis methods. *J Biomech*. 2014;47(5):1134–7.
9. Larsen JB, Farup J, Lind M, Dalgas U. Muscle strength and functional performance is markedly impaired at the recommended time point for sport return after anterior cruciate ligament reconstruction in recreational athletes. *Hum Mov Sci*. 2015 Feb;39:73–87.
10. Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *PLoS*

- One. 2015 Dec;10(12):[1p]. e0144283. doi:10.1371/journal.pone.0144283
11. Nyland J, Mattocks A, Kibbe S, Kalloub A, Greene JW, Caborn DNM. Anterior cruciate ligament reconstruction, rehabilitation, and return to play: 2015 update. *Open access J Sport Med*. 2016;7:21–32.
 12. Zouita Ben Moussa a., Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZZ. Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann Phys Rehabil Med*. 2009 Jul;52(6):475–84.
 13. Negahban H, Mazaheri M, Kingma I, van Dieën JH. A systematic review of postural control during single-leg stance in patients with untreated anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2014;22:1491–504.
 14. Misonoo G, Kanamori A, Ida H, Miyakawa S, Ochiai N. Evaluation of tibial rotational stability of single-bundle vs. anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction during a high-demand activity - a quasi-randomized trial. *Knee*. 2012 Mar;19(2):87–93.
 15. Markatos K, Kaseta MK, Lallios SN, Korres DS, Efsthopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2013 Oct;23(7):747–52.
 16. Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P, Nizard R. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;458:180–7.
 17. Okuda K, Abe N, Katayama Y, Senda M, Kuroda T, Inoue H. Effect of vision on postural sway in anterior cruciate ligament injured knees. *J Orthop Sci*. 2005 May;10(3):277–83.
 18. Cury RPL, Kiyomoto HD, Rosal GF, Bryk FF, Oliveira VM. Rehabilitation protocol after isolated posterior cruciate ligament reconstruction. *Rev Bras Ortop*. 2012;47(4):421–7.
 19. Yabroudi M a, Irrgang JJ. Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med*. 2013 Jan;32(1):165–75.
 20. Panariello RA, Stump TJ, Maddalone D. Postoperative Rehabilitation and Return to Play After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Oper Tech*

- Sports Med. 2016;24:35–44.
21. Wilk KE, Arrigo CA. Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee Twelve Steps for Successful Progression and Return to Play. Clin Sports Med. 2017;36:189–232.
 22. Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy. 2011 Dec;27(12):1697–705.
 23. Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective criteria for return to athletics after anterior cruciate ligament reconstruction and subsequent reinjury rates: a systematic review. Phys Sportsmed. 2011 Sep;39(3):100–10.
 24. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2011 Nov 20;19(11):1798–805.
 25. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Hewett TE. Altered postural sway persists after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. Gait Posture. 2013;38(1):136–40.
 26. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. Br J Sports Med. 2011 Jun;45(7):596–606.
 27. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Lephart SM, Engebretsen L, Ageberg E, et al. Proprioceptive deficits after ACL injury: are they clinically relevant? Br J Sports Med. 2012 Mar;46(3):180–92.
 28. Ahmed MM, Mosalem DM, Khairat SM, Ismail TA, Hamido FA, Al-busairi WA. Evaluation of Dynamic Posturography in Anterior Cruciate. Maced J Med Sci. 2011;4(2):167–73.
 29. Trulsson A, Roos EM, Ageberg E, Garwicz M. Relationships between postural orientation and self reported function, hop performance and muscle power in subjects with anterior cruciate ligament injury. BMC Musculoskelet Disord. 2010 Jan;11:143.
 30. Brophy RH, Schmitz L, Wright RW, Dunn WR, Parker RD, Andrich JT, et al. Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in

- soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *Am J Sports Med.* 2012 Nov;40(11):2517–22.
31. Haus J, Halata Z. Innervation of the anterior cruciate ligament. *Int Orthop.* 1990;14:293–6.
 32. 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 Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2001;9(6):364–8.
 33. Bicer EK, Lustig S, Servien E, Selmi TAS, Neyret P. Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Aug;18(8):1075–84.
 34. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med.* 2012 Jul;22(4):349–55.
 35. Wu LJ, Seon KJ, Gadikota HR, Hosseini A, Sutton KM, Gill TJ, et al. In Situ Forces in the Anteromedial and Posterolateral Bundles of the Anterior Cruciate Ligament Under Simulated Functional Loading Conditions. *Am J Sport Med.* 2011;18(11):1492–501.
 36. Komzák M, Hart R, Okál F, Safi A. AM bundle controls the anterior-posterior and rotational stability to a greater extent than the PL bundle - a cadaver study. *Knee.* 2013 Dec;20(6):551–5.
 37. Relph N, Herrington L, Tyson S. The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis. *Physiotherapy.* 2014 Sep;100(3):187–95.
 38. Domnick C, Raschke MJ, Herbort M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop.* 2016;7(2):82–93.
 39. Fu FH, Araujo PH, Lin A. Double-Bundle ACL Reconstruction with Use of a Single Tibial Tunnel: A Technique or an Anatomic Concept? *J Bone Jt Surg.* 2012;93(20):24–5.
 40. Lubowitz JH. Anteromedial portal technique for the anterior cruciate ligament femoral socket: pitfalls and solutions. *Arthroscopy.* 2009 Jan;25(1):95–101.

41. Pauzenberger L, Syré S, Schurz M. "Ligamentization" in Hamstring Tendon Grafts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of the Literature and a Glimpse Into the Future. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2013 Oct;29(10):1712–21.
42. Sánchez M, Anitua E, Azofra J, Prado R, Muruzabal F, Andia I. Ligamentization of Tendon Grafts Treated With an Endogenous Preparation Rich in Growth Factors: Gross Morphology and Histology. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2010 Apr;26(4):470–80.
43. Dong S, Xie G, Zhang Y, Shen P, Huangfu X, Zhao J. Ligamentization of Autogenous Hamstring Grafts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2015;43(8):1908–17.
44. Tookuni KS, Neto RB, Pereira CAM, Souza DR, Greve JMD, Ayala AD. Análise Comparativa do Controle postural de indivíduos com e sem lesão do ligamento cruzado anterior do joelho. *Acta Ortopédica Bras*. 2005;13(3):115–9.
45. Alonso AC. Sedentários e jogadores de futebol com e sem reconstrução do ligamento cruzado anterior. São Paulo. Univ São Paulo. 2006.
46. Gohil S, Annear PO, Breidahl W. Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous double hamstrings: a comparison of standard versus minimal debridement techniques using MRI to assess revascularisation A randomised prospective study with a one-year follow-up. *J Bone Jt Surg [Br]*. 2007;89(9):1165–71.
47. Adams, D, Logerstedt, D, Hunter-Giodano, A, Axe, M J, Synder-Mackler L. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament reconstruction: A criterion-Based Rehabilitation progression. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2012;42(7):601–14.
48. Teitsma XM, van der Hoeven H, Tamminga R, de Bie R a. Impact of Patient Sex on Clinical Outcomes: Data From an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Registry, 2008-2013. *Orthop J Sport Med*. 2014;2(9):2008–13.
49. Myer GD, Paterno M V, Ford KR, Quatman CE, Hewett TE. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression through the return-to-sport phase. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006

- Jun;36(6):385–402.
50. Shelbourne KD, Klotz C. What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sci.* 2006 May;11(3):318–25.
 51. Vadalà A, Iorio R, De Carli A, Argento G, Di Sanzo V, Conteduca F, et al. The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007 Apr;15(4):365–71.
 52. Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld JA, et al. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *J Knee Surg.* 2008 Jul;21(3):225–34.
 53. Nyland, John, Brand, Emily, Brent F. Update on rehabilitation following ACL reconstruction. *Open Access J Sport Med.* 2010 Sep;1:151–66.
 54. de Valk EJ, Moen MH, Winters M, Bakker EWP, Tamminga R, van der Hoeven H. Preoperative patient and injury factors of successful rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with single-bundle techniques. *Arthroscopy.* 2013 Nov;29(11):1879–95.
 55. Hambly K, Griva K. IKDC or KOOS: which one captures symptoms and disabilities most important to patients who have undergone initial anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1395–404.
 56. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):890–7.
 57. Letchford R, Sparkes V, van Deursen RWM. Assessing participation in the ACL injured population: Selecting a patient reported outcome measure on the basis of measurement properties. *Knee.* 2015;22(3):262–9.
 58. Collins NJ, Misra D, Felson DT, Crossley KM, Roos EM. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

- (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), *Knee Ou. Arthritis Care Res.* 2011;63(SUPPL. 11).
59. Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, et al. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Aug;14(8):778–88.
 60. van Meer BL, Meuffels DE, Vissers MM, Bierma-Zeinstra SMA, Verhaar JAN, Terwee CB, et al. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score or International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form: which questionnaire is most useful to monitor patients with an anterior cruciate ligament rupture in the short term? *Arthroscopy.* 2013 Apr;29(4):701–15.
 61. Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, Gauffin H, Webster KE, Kvist J. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2014;48(22):1613–9.
 62. Ardern C, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014;48(21):1543–52.
 63. Rodríguez-Roiz JM, Caballero M, Ares O, Sastre S, Lozano L, Popescu D. Return to recreational sports activity after anterior cruciate ligament reconstruction: a one- to six-year follow-up study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2015;135(8):1117–22.
 64. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter São Paulo.* 2010;14(3):183–92.
 65. Borin G, Masullo CDL, Bonfim TR, Oliveira AS De, Antônio C, Paccola J, et al. Controle postural em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior Postural control in patients with anterior cruciate ligament injury. *Fisioter e Pesqui.* 2010;17(4):342–5.

66. Trulsson A, Garwicz M, Ageberg E. Postural orientation in subjects with anterior cruciate ligament injury: development and first evaluation of a new observational test battery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2010 Jun;18(6):814–23.
67. Parus K, Lisiński P, Huber J. Body balance control deficiencies following ACL reconstruction combined with medial meniscus suture. A preliminary report. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(7):807-10.
68. Grob KR, Kuster MS, Higgins S a, Lloyd DG, Yata H. Lack of correlation between different measurements of proprioception in the knee. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(4):614–8.
69. Gao F, Zhou J, He C, Ding J, Lou Z, Xie Q, et al. A Morphologic and Quantitative Study of Mechanoreceptors in the Remnant Stump of the Human Anterior Cruciate Ligament. *Arthroscopy*. 2016 Feb;32(2):273–80.
70. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop Scand*. 2002;73(3):330–4.
71. Gokeler A, Benjaminse A, Hewett TE, Paterno M V, Ford KR, Otten E, et al. Feedback Techniques to Target Functional Deficits Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Implications for Motor Control and Reduction of Second Injury Risk. *Sport Med*. 2013;43:1065–74.
72. Negahban H, Hadian MR, Salavati M, Mazaheri M, Talebian S, Jafari AH, et al. The effects of dual-tasking on postural control in people with unilateral anterior cruciate ligament injury. *Gait Posture*. 2009 Nov;30(4):477–81.
73. Dauty M, Collon S, Dubois C. Change in posture control after recent knee anterior cruciate ligament reconstruction? *Clin Physiol Funct Imaging*. 2010;30(3):187–91.
74. Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M, Khorrami M, Negahban H. Static and dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2012;20:1603–10.
75. Mochizuki L, Amadio a. C. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa eo centro de pressão. *Rev Port Cien Desp*. 2003;3(3):77–83.

76. Bonfim TR, Paccola CAJ, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003 Aug;84(8):1217–23.
77. Carter ND, Jenkinson TR, Wilson D, Jones DW, Torode a S. Joint position sense and rehabilitation in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Br J Sports Med.* 1997 Sep;31(3):209–12.
78. 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 Oct;33(10):1527–35.
79. dos Santos MJ, Gorges AL, Rios JL. Individuals with chronic ankle instability exhibit decreased postural sway while kicking in a single-leg stance. *Gait Posture.* 2014;40:231–6.
80. King AC, Wang Z. Asymmetrical stabilization and mobilization exploited during static single leg stance and goal directed kicking. *Hum Mov Sci.* 2017;54:182–90.
81. Kim JW, Kwon Y, Ho Y, Jeon HM, Bang MJ, Jun JH, et al. Age-gender differences in the postural sway during squat and stand-up movement. In: *Bio-Medical Materials and Engineering.* 2014.24(6):2707–13.
82. Petschnig R, Baron R, Albrecht M. The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998 Jul;28(1):23–31.
83. Borsa P a, Lephart SM, Irrgang JJ. Comparison of performance-based and patient-reported measures of function in anterior-cruciate-ligament-deficient individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(6):392–9.
84. Fitzgerald GK, Lephart SM, Hwang JH, Wainner RS. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(10):588–97.
85. Reid A, Birmingham TB, Stratford PW, Alcock GK, Giffin JR. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 2007 Mar;87(3):337–49.

86. Abrams GD, Harris JD, Gupta a. K, McCormick FM, Bush-Joseph C a., Verma NN, et al. Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sport Med*. 2014;2(1):1–10.
87. Hurd W, Axe JA, Snyder-Mackler L. A 10-Year Prospective Trial of a Patient Management Algorithm and Screening Examination for Highly Active Individuals with ACL Injury. Part II: Determinants of Dynamic Knee Stability. *Am J Sport Med*. 2008;36(1):48–56.
88. Logerstedt D, Grindem H, Lynch A, Eitzen I. Single-legged Hop test as predictors of self-reported knee function after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL Cohort study. *Am J Sports Med*. 2012;40(10):2348–56.
89. Fernandes TL, Protta TR, Fregni F, Neto RB, Pedrinelli A, Camanho GL, et al. Isokinetic muscle strength and knee function associated with double femoral pin fixation and fixation with interference screw in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Mar;20(2):275–80.
90. Drouin JM, Valovich-McLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91:22–9.
91. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*. 2008;11(5):452–9.
92. Terreri AS a. P, Greve JMD, AmatuZZi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med do Esporte*. 2001;7(5):170–4.
93. Mikkelsen C, Werner S, Eriksson E. Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2000;8(6):337–42.
94. Zwolski C, Schmitt LC, Thomas S, Hewett TE, Paterno M V. The Utility of Limb Symmetry Indices in Return-to-Sport Assessment in Patients With

- Bilateral Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(8):2030–8.
95. Wellsandt E, Failla MJ, Snyder-Mackler L. Limb Symmetry Indexes Can Overestimate Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2017;47(5):334–8.
 96. Gokeler A, Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Seil R, Zaffagnini S. A Critical Analysis of Limb Symmetry Indices of Hop Tests in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Case Control Study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017; No prelo. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2017.02.015>.
 97. Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, McCormick FM, Bush-Joseph C a., Verma NN, et al. Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sport Med.* 2014 Jan;2(1):1–10.
 98. Ueda Y, Matsushita T, Araki D, Kida A, Takiguchi K, Shibata Y, et al. Factors affecting quadriceps strength recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autografts in athletes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2016 Aug;[1p]. doi:10.1007/s00167-016-4296-6.
 99. Wojtys EM, Huston LJ. Longitudinal effects of anterior cruciate ligament injury and patellar tendon autograft reconstruction on neuromuscular performance. *Am J Sport Med.* 2000;28(3):336–44.
 100. Knezevic OM, Mirkov DM, Kadija M, Nedeljkovic A, Jaric S. Asymmetries in explosive strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2014;21(6):1039–45.
 101. Kim HJ, Lee JH, Ahn SE, Park MJ, Lee DH. Influence of anterior cruciate ligament tear on thigh muscle strength and hamstring-to-quadriceps ratio: A meta-analysis. *PLoS One.* 2016 jan;11(1): [1p]; e0146234. doi:10.1371/journal.pone.0146234.
 102. Segawa H, Omori G, Koga Y, Kameo T, Iida S, Tanaka M. Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy.* 2002;18(2):177–82.
 103. Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, Thomeé R, Roos EM. Knee

- extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: A cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2009;17:162–9.
104. de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DBF. Functional Assessment and Muscle Strength Before and After Reconstruction of Chronic Anterior Cruciate Ligament Lesions. *Arthroscopy.* 2007;23(1):21–8.
 105. Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Avaliação Isocinética dos Músculos Extensores e Flexores de Joelho em Jogadores de Futebol Profissional. *Rev Bras Med do Esporte.* 2011;17(3):189–92.
 106. Fischer F, Fink C, Herbst E, Hoser C, Hepperger C, Blank C, et al. Higher hamstring-to-quadriceps isokinetic strength ratio during the first post-operative months in patients with quadriceps tendon compared to hamstring tendon graft following ACL reconstruction. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2017 Mar; [*Epub ahead of print*]. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-017-4522-x>
 107. Hewett TE, Stasi SL Di, Myer GD. Current Concepts for Injury Prevention in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):216–24.
 108. Czuppon S, Racette BA, Klein SE, Harris-Hayes M. Variables Associated With Return to Sport Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Br J Sport Med.* 2014;48(5):356–64.
 109. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19:1798–805.
 110. Lynch A, Logerstedt DS, Grindem H, Eitzen I, Hicks G, Axe M, et al. Consensus criteria for defining “successful outcome” after ACL injury and reconstruction: a Delaware-Oslo ACL cohort investigation. *Br J Sport Med.* 2015;49(5):1492–501.
 111. Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Lower extremity muscle strength after anterior cruciate ligament injury and reconstruction.

- J Athl Train. 2013;48(5):610–20.
112. Ageberg E, Thomeé R, Neeter C, Silbernagel KG, Roos EM. Muscle strength and functional performance in patients with anterior cruciate ligament injury treated with training and surgical reconstruction or training only: a two to five-year follow up. *Arthritis Rheum.* 2008 Dec;59(12):1773–9.
 113. Miot HA. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. *J Vasc Bras.* 2011;10(4):475-78.
 114. Peccin MS, Ciconelli R, Cohen M. Questionário específico para sintomas do joelho “lysholm knee scoring scale” - tradução e validação para a língua portuguesa. *Acta Ortop Bras.* 2006;14(5):3–7.
 115. Ryan J, Magnussen R a, Cox CL, Hurbaneck JG, Flanigan DC, Kaeding CC. ACL reconstruction: do outcomes differ by sex? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(6):507–12.
 116. Kamien PM, Hydrick JM, Replogle WH, Go LT, Barrett GR. Age, Graft Size, and Tegner Activity Level as Predictors of Failure in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Autograft. *Am J Sport Med.* 2013;41(8):1808–12.
 117. Gobbi A, Francisco R. Factors affecting return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring graft: A prospective clinical investigation. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2006;14:1021–8.
 118. Volpi P, Cervellin M, Denti M, Bait C, Melegati G, Quaglia A, et al. ACL reconstruction in sports active people: transtibial DB technique with ST/G vs. transtibial SB technique with BPTB: preliminary results. *Injury.* 2010 Nov;41(11):1168–71.
 119. Hohmann E, Tetsworth K, Bryant A. Physiotherapy-guided versus home-based, unsupervised rehabilitation in isolated anterior cruciate injuries following surgical reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19(7):1158–67.
 120. Mattacola CG, Perrin DH, Gansneder BM, Gieck JH, Saliba EN, Mccue FC. Strength, Functional Outcome, and Postural Stability after Anterior Cruciate Ligament reconstruction. *J Athl Train.* 2002;37(3):262–8.

121. Bryant AL, Newton RU, Steele J. Successful feed-forward strategies following ACL injury and reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009 Oct;19(5):988–97.
122. Alonso AC, Greve JMD, Camanho GL. Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform. *Clinics.* 2009 Mar;64(3):163–70.
123. Oberländer KD, Brüggemann G, Höher J, Karamanidis K. Reduced knee joint moment in ACL deficient patients at a cost of dynamic stability during landing. *J Biomech.* 2012;45:1387–92.
124. Pahnabi G, Akbari M, Ansari NN, Mardani M, Ahmadi M, Rostami M. Comparison of the postural control between football players following ACL reconstruction and healthy subjects. *Med J Islam Repub Iran.* 2014 Sep;28:1-6.
125. Culvenor AG, Alexander BC, Clark RA, Collins NJ, Ageberg E, Morris HG, et al. Dynamic Single-Leg Postural Control Is Impaired Bilaterally Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Implications for Reinjury Risk. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2016;46(5):357–64.
126. Fernandes TL, Felix ECR, Bessa F, Luna NM, Sugimoto D, Greve JMD, et al. Evaluation of static and dynamic balance in athletes with anterior cruciate ligament injury – A controlled study. *Clinics.* 2016;71(8):425-29.
127. Hatton AL, Crossley KM, Clark RA, Whitehead TS, Morris HG, Culvenor AG. Between-leg differences in challenging single-limb balance performance one year following anterior cruciate ligament reconstruction. *Gait Posture.* 2017;52:22–5.
128. Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CAJ, Barela JA. Effect of additional sensory information in the proprioception and postural control of individuals with ACL lesion. *Acta Ortop Bras.* 2009;17(5):291–6.
129. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey E, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med.* 2015 49(20):1305–10.

130. Bryant AL, Creaby MW, Newton RU, Steele JR. Hamstring antagonist torque generated in vivo following ACL rupture and ACL reconstruction. *Knee*. 2010;17(4):287–90.
131. Lustosa LP, Ocarino JM, de Andrade MAP, Pertence AEDM, Bittencourt NFN, Fonseca ST. Muscle co-contraction after anterior cruciate ligament reconstruction: Influence of functional level. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011 Dec;21(6):1050–5.
132. Pamukoff N, Pietrosimone B, Ryan E, Lee D, Blackburn J. Quadriceps function and hamstring co-activation after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train*. 2017;52(5):422-28.
133. Hohmann E, Bryant A, Tetsworth K. Strength does not influence knee function in the ACL-deficient knee but is a correlate of knee function in the and ACL-reconstructed knee. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136(4):477–83.
134. Konrath JM, Vertullo CJ, Kennedy BA, Bush HS, Barrett RS, Lloyd DG. Morphologic Characteristics and Strength of the Hamstring Muscles Remain Altered at 2 Years After Use of a Hamstring Tendon Graft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med*. 2016;44(10):2589–98.
135. Winter DA. Moments of force and mechanical power in jogging. *J Biomech* . 1983;16(1):91–7.
136. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. *J Athl Train*. 2001;36(4):378–83.
137. Pincivero DM, Heller BM, Hou S-I. The effects of ACL injury on quadriceps and hamstring torque, work and power. *J Sports Sci*. 2002;20(9):689–96.
138. Vairo GL. Knee flexor strength and endurance profiles after ipsilateral hamstring tendons anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(3):552–61.
139. Cinar-Medeni O, Baltaci G, Bayramlar K, Yanmis I. Core stability, knee muscle strength, and anterior translation are correlated with postural stability in anterior cruciate ligament-reconstructed patients. *Am J Phys Med Rehabil*; 2015;94(4):280–7.