

---

---

**DANILO RICARDO OKIISHI DE OLIVEIRA**

**Avaliação de equilíbrio em esportistas após a reconstrução anatômica do  
ligamento cruzado anterior nas posições anteromedial e central: estudo  
clínico randomizado**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Doutor em Ciências

Programa de Ortopedia e Traumatologia

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez

**São Paulo**

**2018**

---

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

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

©reprodução autorizada pelo autor

Oliveira, Danilo Ricardo Okiishi de  
Avaliação de equilíbrio em esportistas após a  
reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior  
nas posições anteromedial e central : estudo clínico  
randomizado / Danilo Ricardo Okiishi de Oliveira. --  
São Paulo, 2018.  
Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da  
Universidade de São Paulo.  
Programa de Ortopedia e Traumatologia.  
Orientador: Arnaldo José Hernandez.

Descritores: 1.Ligamento cruzado anterior  
2.Reconstrução do ligamento cruzado anterior  
3.Equilíbrio postural 4.Lesões do ligamento cruzado  
anterior 5.Traumatismos em atletas 6.Medicina  
esportiva 7.Joelho 8.Escore de Lysholm para joelho

USP/FM/DBD-079/18

Responsável: Kátia Maria Bruno Ferreira - CRB-8/6008

**DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais, Margarida (in memoriam) e Luiz, pelo amor, dedicação e ensinamento de valores que continuarão presentes em todos os dias da minha vida.*

*À minha esposa, Fernanda, pelo amor, compreensão e apoio irrestritos. Por ser não somente minha esposa, mas minha melhor amiga.*

*Aos meus filhos, Felipe e Bruno, amor incondicional, responsáveis pelas minhas maiores alegrias.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. **Olavo Pires de Camargo**, pelo apoio no desenvolvimento científico dos alunos da pós-graduação.

Ao Prof. Dr. **Arnaldo José Hernandez**, orientador desta tese, pelos ensinamentos e confiança que tornaram este projeto possível.

Ao Dr. **André Pedrinelli**, pelo acolhimento no grupo, confiança e incentivo ao meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Dr. **Thiago Lazaretti Fernandes**, pelo apoio pessoal, engajamento e por ser o primeiro incentivador deste estudo.

Ao Dr. **Mauro Emilio Conforto Gracitelli**, pelo caráter, amizade, e ensinamentos que influenciaram diretamente meu crescimento profissional.

Ao Dr. **Arnaldo Amado Ferreira Neto**, por ser um exemplo de caráter e generosidade para todos da especialidade.

Aos Drs. **Márcia Uchoa de Rezende** e **Roberto Freire da Mota e Albuquerque**, pelo apoio na alteração do projeto, críticas e sugestões que muito enriqueceram esta tese.

À fisioterapeuta **Ellen Cristina Rodrigues Felix**, pela avaliação dos pacientes e pela dedicação pessoal.

Aos Drs. **Marco Antônio Ambrósio**, **Julio César C. Nardelli**, **Adriano Marques de Almeida**, pela colaboração nas diferentes etapas deste projeto.

Às Sras. **Tânia Borges** e **Rosana Moreno da Costa** pela dedicação à secretaria do programa de pós-graduação e pela ajuda em momentos cruciais que influenciaram diretamente no sucesso deste projeto.

Aos meus sogros, **Jô Gangella dos Santos** e **Claudio José dos Santos**, pelo carinho, incentivo e por abdicarem de suas vidas pessoais para me ajudar sempre que possível.

A todos os pacientes que participaram deste projeto, pela colaboração com a ciência médica.

## **NORMALIZAÇÃO ADOTADA**

Esta tese 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. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

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

Nomes das estruturas anatômicas baseados na Terminologia Anatômica: Terminologia Anatômica Internacional, Editora Manole, 1a ed. São Paulo, 2001.

Vocabulário ortográfico da língua portuguesa, 5a edição, 2009, elaborada pela Academia Brasileira de Letras, em consonância com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, promulgado pelo decreto nº 6583/2008.

Estrutura de apresentação dos dados baseada em: Moher D, Hopewell S, Schulz KF, Montori V, Gøtzsche PC, Devereaux PJ, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ* 2010;340:c869.

---

**SUMÁRIO**

Lista de símbolos, abreviaturas e siglas	
Lista de figuras	
Lista de tabelas	
Lista de gráficos	
Resumo	
Abstract	
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	2
1.1 Objetivos.....	7
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	9
2.1 Aspectos epidemiológicos.....	9
2.2 Anatomia e função do LCA.....	11
2.2.1 Desenvolvimento embriológico do LCA.....	14
2.2.2 Origem do LCA no fêmur.....	15
2.2.2.1 Parâmetros anatômicos da origem do LCA.....	17
2.2.3 Corpo do ligamento.....	19
2.2.4 Área de inserção tibial.....	21
2.2.4.1 Parâmetros anatômicos da inserção do LCA...	22
2.2.5 Inervação e propriocepção.....	24
2.3 Posição dos túneis, comparação de técnicas e correlação funcional .....	25
2.3.1 Estudos biomecânicos.....	26
2.3.1.1 Comparações envolvendo as posições anteromedial e central.....	32
2.3.2 Estudos clínicos.....	34
2.4 Métodos de avaliação objetiva.....	39
2.4.1 Posturografia.....	39
2.4.2 Hop test.....	47
2.4.3 Avaliação isocinética.....	49
2.5 Métodos avaliação subjetiva.....	49
2.5.1 Escala de atividade de Tegner.....	51

---

2.5.2 Lysholm.....	52
2.5.3 IKDC subjetivo.....	53
<b>3 MÉTODOS.....</b>	<b>57</b>
3.1 Desenho do estudo.....	57
3.2 Aprovação na comissão de ética e termo de consentimento....	58
3.3 População estudada.....	59
3.4 Cálculo da amostra.....	60
3.5 Randomização.....	61
3.6 Cegamento.....	62
3.7 Critérios de seleção.....	62
3.7.1 Critérios de incluso.....	62
3.7.2 Critérios de exclusão.....	63
3.7.3 Critérios de interrupção.....	63
3.7.4 Critérios de encerramento.....	64
3.8 Intervenção cirúrgica.....	64
3.8.1 Assepsia, antisepsia e antibioticoprofilaxia.....	64
3.8.2 Anestesia.....	64
3.8.3 Posicionamento.....	65
3.8.4 Procedimento cirúrgico.....	65
3.8.5 Seguimento pós-operatório.....	68
3.9 Variáveis analisadas.....	70
3.9.1 Métodos de avaliação objetiva.....	70
3.9.1.1 Posturografia.....	70
3.9.1.1.1 Posicionamento na plataforma de força.....	71
3.9.1.1.2 Análise dos dados da plataforma de força.....	74
3.9.1.2 Hop test.....	74
3.9.1.3 Avaliação isocinética.....	76
3.9.2 Métodos de avaliação subjetiva.....	77
3.9.2.1 Escala de atividade física de Tegner.....	77
3.9.2.2 Lysholm.....	78
3.9.2.3 IKDC subjetivo.....	78

---

---

3.9.3	Complicações.....	79
3.10	Análise estatística.....	79
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>81</b>
4.1	Fluxo dos participantes.....	81
4.2	Dados gerais.....	84
4.3	Desfechos.....	86
4.3.1	Desfechos da avaliação objetiva.....	86
4.3.1.1	Posturografia.....	86
4.3.1.2	Hop Test.....	92
4.3.1.3	Avaliação isocinética.....	95
4.3.2	Desfechos da avaliação subjetiva.....	96
4.3.2.1	Escala de atividade física de Tegner.....	96
4.3.2.2	Lysholm.....	98
4.3.2.3	IKDC subjetivo.....	100
4.4	Avaliação das complicações.....	102
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>122</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>124</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>137</b>

## **ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS**

<b>AM</b>	Anteromedial
<b>AP</b>	Anteroposterior
<b>C</b>	Central
<b>CP</b>	Centro de Pressão
<b>IC</b>	Intervalo de confiança
<b>IKDC</b>	International Knee Documentation Committee
<b>IOT HCFMUSP</b>	Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
<b>LCA</b>	Ligamento Cruzado Anterior
<b>LCP</b>	Ligamento Cruzado Posterior
<b>NCAA</b>	National Collegiate Athletic Association
<b>PL</b>	Posterolateral
<b>Xavg</b>	Valor médio do deslocamento do CP no plano mediolateral
<b>Xmax</b>	Maior valor do deslocamento do CP no plano mediolateral
<b>Xmin</b>	Menor valor do deslocamento do CP no plano mediolateral
<b>Yavg</b>	Valor médio do deslocamento do CP no plano sagital
<b>Ymax</b>	Maior valor do deslocamento do CP no plano sagital

**Ymin**

Menor valor do deslocamento do CP no plano sagital

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 -</b> Representação esquemática da posição anatômica dos feixes do LCA (AM – ponto esquerdo; PL – ponto direito) e a posição central entre os feixes (ponto central) na visão artroscópica (A) e perfil absoluto (B).....	57
<b>Figura 2 -</b> Plataforma de força.....	71
<b>Figura 3 –</b> Posturografia - A: chute; B: apoio monopodálico simples; C: flexão.....	72
<b>Figura 4 –</b> Single leg hop for distance.....	75
<b>Figura 5 –</b> Avaliação isocinética do joelho esquerdo.....	77
<b>Figura 6 -</b> Diagrama de fluxo detalhando as etapas da pesquisa, de acordo com o Consolidated Standards of Reporting Trials.....	83

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 -</b>	Estatística descritiva do parâmetro idade nos dois grupos e na casuística total (em anos).....	84
<b>Tabela 2 -</b>	Distribuição das frequências absoluta e relativa das variáveis intrínsecas ao paciente.....	85
<b>Tabela 3 -</b>	Distribuição das frequências absoluta e relativa das variáveis relacionadas à lesão.....	86
<b>Tabela 4 -</b>	Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico sobre o membro operado na posição de chute.....	88
<b>Tabela 5 -</b>	Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico simples sobre o membro operado....	89
<b>Tabela 6 -</b>	Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico sobre o membro operado na posição de flexão do joelho.....	91
<b>Tabela 7 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com o valor absoluto na escala de hop test ao longo do seguimento.....	92
<b>Tabela 8 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com o índice de simetria do membro na escala de hop test ao longo do seguimento.....	94

<b>Tabela 9 -</b>	Medidas descritivas para o deficit do pico de torque na velocidade angular de 60°/s avaliadas ao longo do seguimento.....	96
<b>Tabela 10 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de atividade física de Tegner ao longo do seguimento.....	97
<b>Tabela 11 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de Lysholm ao longo do seguimento.....	99
<b>Tabela 12 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de IKDC subjetiva ao longo do seguimento.....	101

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com o valor absoluto na escala de hop test ao longo do seguimento.....	93
<b>Gráfico 2 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com o índice de simetria do membro na escala de hop test ao longo do seguimento.....	95
<b>Gráfico 3 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de atividade física de Tegner ao longo do seguimento.....	98
<b>Gráfico 4 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de Lysholm ao longo do seguimento.....	100
<b>Gráfico 5 -</b>	Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de IKDC subjetivo ao longo do seguimento.....	102

## RESUMO

Oliveira DRO. *Avaliação de equilíbrio em sportistas após a reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior nas posições anteromedial e central: estudo clínico randomizado [Tese].* São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 2018.

**Introdução:** Na reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior (LCA) com banda simples, o diâmetro dos túneis não preenche totalmente sua área de origem e inserção. Estudos recentes sugerem que a banda anteromedial teria um papel dominante na função estabilizadora do LCA em qualquer grau de flexão, o que favoreceria o posicionamento dos túneis nessa região. No entanto, ao se buscar reproduzir a função das duas bandas com um enxerto simples, a escolha mais intuitiva é posicioná-lo na região central. O posicionamento inadequado do enxerto poderá resultar em uma instabilidade residual, mais evidente em indivíduos com alta demanda funcional, como é o caso de sportistas. Retomar a prática esportiva no mesmo nível não depende somente da estabilidade isolada do joelho, é preciso que o equilíbrio postural seja reestabelecido. O objetivo deste estudo foi comparar o posicionamento do enxerto na região anteromedial ou central na origem e inserção do LCA.

**Métodos:** Trata-se de um estudo clínico prospectivo e randomizado, incluindo 42 sportistas (Tegner  $\geq 5$ ) com lesão do LCA alocados para serem submetidos à reconstrução anatômica na posição anteromedial (22 pacientes – Grupo AM) ou central (20 pacientes – Grupo C). O desfecho primário foi obtido pelo valor médio da oscilação do centro de pressão (CP) de cada indivíduo no plano mediolateral ( $X_{avg}$ ) avaliado na plataforma de força com apoio monopodálico simulando a posição de chute aos 6 meses de pós-operatório, enquanto os demais parâmetros de posturografia, escalas de Tegner, Lysholm, IKDC subjetivo, hop test e avaliação isocinética foram considerados desfechos secundários. Todos os resultados foram avaliados aos 6 e 12 meses, com exceção da escala de Tegner, avaliada somente aos 12 meses. **Resultados:** Na avaliação dos dados de posturografia fornecidos pela plataforma de força, o grupo C apresentou melhores resultados quando comparados ao grupo AM em três parâmetros de oscilação mediolateral do CP: valor médio ( $X_{avg}$ ) na posição de chute aos 6 meses ( $-0,43 \pm 0,15\text{cm}$  vs.  $-0,87 \pm 0,18\text{cm}$  respectivamente,  $p < 0,05$ ), deslocamento máximo ( $X_{max}$ ) na posição de apoio monopodálico simples aos 12 meses ( $1,05 \pm 0,18\text{cm}$  vs.  $1,28 \pm 0,31\text{cm}$  respectivamente,  $p < 0,05$ ) e valor médio na posição de flexão do joelho aos 6 meses ( $0,31 \pm 1,35\text{cm}$  vs.  $-1,03 \pm 1,18\text{cm}$  respectivamente,  $p < 0,05$ ). O grupo C também apresentou melhores resultados quando comparado ao grupo AM nas seguintes avaliações: índice de simetria do hop test aos 6 meses ( $93 \pm 7\%$  vs.  $84 \pm 17\%$  respectivamente,  $p < 0,05$ ) e aos 12 meses ( $100 \pm 7\%$  vs.  $92 \pm 7\%$  respectivamente,  $p < 0,05$ ) e déficit do pico de torque na velocidade angular de  $60^\circ/\text{s}$  aos 6 meses ( $12,55 \pm 9,77\text{Nm}$  vs.  $22,9 \pm 17,89\text{Nm}$  respectivamente,  $p < 0,05$ ). **Conclusões:** A reconstrução anatômica do LCA na posição central apresentou melhores resultados em três parâmetros de posturografia relacionados a oscilação no plano mediolateral

(incluindo o desfecho primário), melhor índice de simetria no hop test e menor deficit do pico de torque na velocidade angular de 60°/s aos 6 meses, quando comparados à reconstrução na posição anteromedial. Não houve diferença significativa quanto ao número de complicações.

**Descritores:** Ligamento Cruzado Anterior; Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior; Equilíbrio Postural; Lesões do Ligamento Cruzado Anterior; Traumatismos em Atletas; Medicina Esportiva; Joelho; Escore de Lysholm para Joelho.

## ABSTRACT

Oliveira DRO. *Postural balance evaluation in sport practitioners after anatomical anterior cruciate ligament reconstruction on the anteromedial and central footprint area: randomized clinical trial* [Thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, 2018.

**Introduction:** Bone tunnel diameters in anatomical single-bundle anterior cruciate reconstruction cannot fulfill the footprint area. The latest studies have suggested that the anteromedial bundle might play a dominant role in ACL function at any flexion degree. This fact could support placing the bone tunnel on the anteromedial bundle footprint. However, positioning the graft at the center of the footprint could be a more efficient way to mimic part of the two-bundle function. Improper graft positioning may result in residual instability, particularly in individuals with higher functional demand, such as sport practitioners. Returning to their sport at the same level as before their injury could not be defined by knee stability alone; a global evaluation provided by more comprehensive parameters, such as postural balance, should also be included. The main purpose of this study is to compare grafts on anteromedial or central area positions in an ACL footprint. **Methods:** A prospective, randomized clinical study included 42 sports practitioners (Tegner > 5) with ACL injury undergoing anatomic ACL reconstruction on the anteromedial footprint (22 patients - AM group) or at the central footprint area (20 patients - Group C). The primary outcome was based on a mean center pressure (CP) mediolateral oscillation parameter analysis of each individual simulating a kicking motion on a force plate. Other posturography parameters, Tegner, Lysholm and IKDC subjective scales, a hop test and an isokinetic evaluation were considered as secondary outcomes. All results were evaluated at 6 and 12 months, with the exception of the Tegner scale, which was evaluated only at 12 months. **Results;** Group C presented better results in three posturography parameters when compared with Group AM: mean mediolateral plane oscillation with kicking position at 6 months ( $-0,43 \pm 0,15\text{cm}$  vs.  $-0,87 \pm 0,18\text{cm}$  respectively,  $p < 0.05$ ), maximum CP lateral displacement with the one leg standing position at 12 months ( $1,05 \pm 0,18\text{cm}$  vs.  $1,28 \pm 0,31 \text{ cm}$  respectively,  $p < 0.05$ ) and mean mediolateral plane oscillation with knee flexed position ( $0.31 \pm 1.35 \text{ cm}$  vs.  $-1.03 \pm 1.18 \text{ cm}$  respectively,  $p < 0.05$ ) and). Group C also presented better results in the following evaluations: symmetry index in the hop test at 6 months ( $93 \pm 7\%$  vs.  $84 \pm 17\%$  respectively,  $p < 0.05$ ) and at 12 months ( $100 \pm 7\%$  vs.  $92 \pm 7\%$ , respectively,  $p < 0.05$ ) and torque peak deficit on angular velocity of 60 o/s at 6 months ( $12.55 \pm 9.77 \text{ Nm}$  vs.  $22.9 \pm 17, 89 \text{ Nm}$  respectively,  $p < 0.05$ ). **CONCLUSION:** Anatomic single bundle ACL reconstruction in the center of the ACL footprint shows better results compared with the anteromedial ACL footprint area in three posturography parameters related to coronal plane balance, index of symmetry in the hop test and the peak of torque deficit on an angular velocity of 60 o/s at 6 months. Surgical complications were similar in both groups.

**Descriptors:** Anterior Cruciate Ligament; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Postural Balance; Anterior Cruciate Ligament Injuries; Athletic Injuries; Sports Medicine; Knee; Lysholm Knee Score

---

---

# ***INTRODUÇÃO***

---

---

## 1 INTRODUÇÃO

As lesões do joelho têm um forte impacto econômico, sendo responsáveis por cerca de 60% das cirurgias relacionadas ao esporte em atletas colegiais nos EUA<sup>1</sup>. O atraso na indicação de tratamento cirúrgico da lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) pode levar a um aumento da incidência de lesões meniscais, o que por sua vez pode desencadear danos à cartilagem em longo prazo<sup>2</sup>.

O LCA é subdividido em duas bandas: anteromedial (AM) e posterolateral (PL)<sup>3</sup>. A nomenclatura das bandas é determinada por sua inserção tibial. A principal função do LCA é resistir à translação anterior da tibia, além de atuar como um estabilizador rotacional secundário. Nenhuma das bandas isoladamente é considerada isométrica<sup>4</sup>.

Publicações recentes sugerem que a banda AM é a principal estabilizadora anterior e rotacional em todos os graus de flexão, enquanto a banda PL desempenharia um papel secundário, atuando de maneira sinérgica principalmente nos menores ângulos de flexão do joelho<sup>5-7</sup>. Tais conceitos se contrapõem aos estudos anteriores, que apontavam a banda PL como o principal estabilizador rotacional e da translação anterior da tibia em entre 0° e 30° de flexão, enquanto a banda AM atuaria na estabilidade anterior predominantemente nos maiores graus de flexão do joelho<sup>4,8-10</sup>.

O conhecimento dos reparos anatômicos da origem femoral e inserção tibial são essenciais para o posicionamento adequado dos túneis ósseos na cirurgia de reconstrução do LCA<sup>11</sup>. Na parede medial do côndilo lateral, observamos os dois principais parâmetros: a crista lateral intercondilar<sup>12</sup> e a crista lateral bifurcada<sup>13</sup>. A crista intercondilar lateral foi inicialmente descrita por Clancy como o limite mais anterior da origem do LCA no fêmur<sup>12</sup>. Posteriormente, foi identificada a crista lateral bifurcada, que separa as bandas anteromedial e posterolateral no fêmur e é perpendicular à crista intercondilar lateral<sup>13</sup>. Estudos demonstram que a crista lateral bifurcada pode estar ausente em 12% a 52% dos casos<sup>13,14</sup>.

O posicionamento adequado dos túneis tibial e femoral é uma das variáveis mais importantes para se alcançar o sucesso da reconstrução do LCA<sup>15</sup>. Nas décadas passadas predominou a técnica de posicionamento do túnel femoral fora do local de origem do LCA, em ponto mais alto e anterior que o ligamento original (anteromedial alto), de modo que enxerto permanecesse mais isométrico, resultando em um túnel femoral mais verticalizado. O posicionamento inadequado dos túneis tem sido citado como uma das principais causas de instabilidade sintomática<sup>16,17</sup> e falha do enxerto<sup>18</sup>.

Os resultados com a cirurgia de reconstrução do LCA são satisfatórios, mas não excepcionais. Somente 33% dos pacientes submetidos à reconstrução com tendões flexores e 41% dos pacientes submetidos à reconstrução com tendão patelar evoluem para a função normal pela escala da *International Knee Documentation Committee* (IKDC)<sup>19</sup>. Os resultados em longo prazo mostram

alterações degenerativas em 11% a 33% dos pacientes submetidos à reconstrução do LCA pelas técnicas tradicionais<sup>20</sup>.

A busca por melhores resultados incentivou o crescimento de técnicas de reconstrução anatômicas, que utilizam a impressão do LCA no fêmur e na tíbia como referência para o posicionamento do enxerto<sup>21</sup>. Fu et al.<sup>22</sup> definem como reconstrução anatômica a restauração de 60 a 80% da área de origem e inserção do LCA. Estudos biomecânicos comparando o posicionamento dos túneis entre a posição anatômica e a posição isométrica (anteromedial alta), identificaram melhores resultados funcionais na posição anatômica<sup>23-25</sup>.

O posicionamento correto do túnel femoral na área de inserção original do LCA é influenciado pelo método de perfuração escolhido. A técnica transtibial foi a mais utilizada quando predominava o posicionamento do enxerto na região anteromedial alta do fêmur. Para a reconstrução anatômica é recomendado que o posicionamento do túnel femoral seja realizado independentemente da posição do túnel tibial. Utilizando a técnica transportal, o procedimento é realizado através do portal anteromedial ou anteromedial acessório<sup>26,27</sup>

A escolha da técnica de reconstrução com banda simples ou dupla banda ainda é motivo de controvérsia. Existem evidências de que a técnica com dupla banda apresentaria melhores resultados nas avaliações de estabilidade com os testes de pivot shift e translação anterior, mas ainda não se provaram quaisquer diferenças significativas quanto aos desfechos clínicos e à taxa de relesão<sup>28-30</sup>. Embora teoricamente a reconstrução do LCA com dupla banda reproduza

melhor a área de inserção do LCA original, a maior complexidade do procedimento e o potencial de complicações impedem sua aceitação generalizada<sup>31</sup>.

Ao se optar pela reconstrução do LCA na posição anatômica com banda simples e enxerto de flexores, é importante ressaltar que o ligamento reconstruído não é capaz de preencher a área total de origem e inserção do LCA. A área do enxerto abrange em média  $79 \pm 13$  % da origem femoral e  $70 \pm 12$  % da inserção tibial do LCA original<sup>32</sup>. Portanto o primeiro dilema do cirurgião é escolher o local do posicionamento dos túneis em relação às bandas anteromedial e posterolateral. As possibilidades são: posicionar o enxerto na topografia original da banda anteromedial, posicionar entre as duas bandas em uma localização central ou posicionar na topografia da banda posterolateral. Não existem estudos biomecânicos que sustentem a reconstrução isolada da banda posterolateral em um estudo com seres humanos<sup>33</sup>, portanto as escolhas recaem sobre as reconstruções na posição anteromedial ou central.

Como argumentos favoráveis à reconstrução anatômica do LCA na posição anteromedial, temos o fato de essa banda<sup>34</sup> ser mais larga e mais isométrica<sup>34</sup>, o que pode eventualmente proteger o enxerto contra a tração excessiva e reproduzir a cinemática do joelho ao longo de seu arco de movimento. O tensionamento da banda AM se mantém relativamente constante ao longo do arco de movimento quando comparado à banda posterolateral, que por sua vez é bastante dependente do grau de flexão do joelho<sup>35</sup>.

Defensores da reconstrução anatômica do LCA na posição central alegam que o enxerto posicionado entre as duas bandas evitaria a sobrecarga de somente uma delas e poderia, teoricamente, proporcionar um maior controle rotacional<sup>31</sup>. Outro argumento favorável é que seria uma escolha intuitivamente mais “anatômica” quando comparada à reconstrução seletiva de somente uma bandas<sup>31</sup>.

Um desafio no tratamento de atletas submetidos a reconstrução do LCA é identificar riscos potenciais de relesão e parâmetros funcionais que permitam o retorno à prática esportiva. Mesmo após 8 meses de cirurgia, atletas competitivos ainda demonstram alterações do equilíbrio quando comparados a indivíduos saudáveis que podem resultar em uma maior susceptibilidade a novas lesões<sup>36</sup>.

Detectar diferenças entre posicionamentos tão próximos dentro da área de origem e inserção do LCA é um grande desafio. Estudos comparando técnicas mais discrepantes entre si como transportal versus transtibial modificada<sup>37</sup> e dupla-banda versus banda simples<sup>30</sup> não mostraram diferenças significativas em desfechos clínicos. Não existem estudos clínicos comparando a reconstrução anatômica nas posições anteromedial e central.

A relevância clínica do presente estudo está em investigar o equilíbrio postural, a estabilidade dinâmica e a recuperação funcional do joelho a partir da posturografia, hop test, avaliação isocinética e escalas funcionais (Tegner, Lysholm e IKDC), após a reconstrução do LCA nas posições anatômicas

anteromedial (grupo AM) e central (grupo C) (Figura 1) em uma população de esportistas. A hipótese do estudo é a de que existam diferenças no equilíbrio dos pacientes operados com essas diferentes técnicas, sendo o grupo C menos susceptível a oscilações no plano coronal por apresentar o enxerto em uma posição mais próxima ao plano horizontal, quando comparado ao grupo AM.

### **1.1 Objetivos**

O objetivo deste estudo é comparar o equilíbrio de esportistas (escala de Tegner  $\geq 5$ ) submetidos à reconstrução anatômica do LCA na posição anteromedial ou central. O desfecho primário é o valor médio de oscilação do CP no plano mediolateral ( $X_{avg}$ ) avaliado na plataforma de força com apoio monopodálico durante a manobra de chute aos 6 meses de pós-operatório.

Os objetivos secundários foram:

- Avaliação dos demais parâmetros de posturografia aos 6 e 12 meses;
- Avaliação funcional pelo hop test (valores absolutos e índice de simetria) aos 6 e 12 meses;
- Avaliação da recuperação do deficit de força do quadríceps através do teste isocinético aos 6 e 12 meses;
- Comparação de retorno ao esporte pela escala de Tegner aos 12 meses;
- Avaliação funcional pela escala de Lysholm aos 6 e 12 meses;
- Avaliação funcional pela escala de IKDC subjetivo aos 12 meses.



# ***REVISÃO DA LITERATURA***



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Aspectos epidemiológicos

**Hootman et al.**<sup>38</sup>, em 2007, publicam os dados da *National Collegiate Athletic Association* (NCAA) de lesões esportivas ocorridas em atletas colegiais nos EUA em um período de 16 anos (de 1988-1989 até 2003-2004) . São avaliadas 15 modalidades esportivas e o critério de inclusão na casuística é a necessidade de atendimento médico resultando em pelo menos um dia de afastamento das atividades. A incidência de lesão do LCA é de 3%, ficando atrás somente de lesões ligamentares do tornozelo (14,8%) e concussões (15%). No período avaliado se observa um aumento de cerca de 1,3% ao ano da incidência de lesões do LCA.

**Rochcongar et al.**<sup>39</sup>, em 2009, contabilizam 669 rupturas de LCA que necessitaram de tratamento cirúrgico em um universo de 44366 jogadores de futebol de um distrito da França no período de 1991 a 2003.

**Swenson et al.**<sup>40</sup>, em 2013, publicam os dados da NCAA de 2005/2006 a 2010/2011 de 20 modalidades esportivas e observam uma incidência de 15% de lesões no joelho, sendo que 25,4% dessas lesões envolvem o LCA.

**Nicolini et al.**<sup>41</sup>, em 2014, avaliam uma população de atletas atendidos com lesões do joelho em um centro de trauma esportivo do Brasil. Dos pacientes

atendidos, a maior parte é praticante de futebol (38%) com incidência de 54,5% de lesões do LCA nesse subgrupo.

**Rosa et al.**<sup>42</sup>, em 2014, publicam um estudo em que avaliam a incidência de lesões em 585 atletas universitários da Faculdade de Medicina da USP (FMUSP) no período de 1993 a 2013. A lesão mais comumente encontrada é do LCA, acometendo 12,7% dos casos. A modalidade com maior incidência de lesão do LCA é o handebol feminino, acometendo 16% das atletas.

**Kreiswirth et al.**<sup>43</sup>, em 2014, avaliam a incidência das lesões de acordo com a localização corpórea em 951 atletas que participam do World Jiu-Jitsu No-Gi Championship 2009 em Long Beach, California. Os autores observam uma incidência de 7,5% de lesões do joelho, correspondendo a 19,4% do total de lesões.

**Mall et al.**<sup>44</sup>, em 2014, publicam os dados proveniente do National Center for Health Statistics (NCHS) a respeito da taxa de cirurgias de reconstrução do LCA nos anos de 1994, 1995, 1996 e 2006 (dados 1997 a 2005 não estão disponíveis). Os autores observam um aumento do número total de procedimentos de reconstrução do LCA de 32.9/100.000 em 1994 para 43.5/100.000 em 2006. Segundo os autores, esse aumento se deve à crescente participação em práticas esportivas de alguns grupos específicos: pacientes abaixo de 20 anos, acima de 40 anos e mulheres.

## 2.2 Anatomia e função do LCA

Uma das primeiras descrições anatômicas do ligamento cruzado anterior foi encontrada em um rolo de papiro egípcio do período de 3000 a.C.<sup>45</sup> Na Grécia antiga, Hipócrates (460-370 aC) descreveu uma subluxação do joelho humano relacionado à lesão do LCA<sup>45</sup>. Mais tarde, no período romano, Cláudio Galeno de Pérgamom (129-199 a.C.) nomeou o ligamento como "ligamenta genu cruciate"<sup>45</sup>. Em 1543, o primeiro estudo anatômico formal do LCA foi realizado por Andrea Versalius em seu livro *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem*<sup>45</sup>.

O LCA é uma estrutura intra-articular e extrassinovial de tecido conjuntivo denso envolvido pela sinóvia. A origem do ligamento está posicionada no limite posteromedial do côndilo lateral do fêmur, posteriormente à crista intercondilar lateral, percorrendo um trajeto oblíquo em direção anteromedial, inserindo-se distalmente na região intercondilar anterior do platô tibial<sup>46</sup>.

Um dos primeiros estudos a descrever a função do LCA foi de **Girgis et al.**<sup>3</sup> em 1975. A função primária do LCA é resistir à translação anterior da tíbia em relação ao fêmur<sup>4,35,47-49</sup>. O LCA também é um estabilizador secundário da rotação externa e interna da tíbia<sup>24</sup>. O LCA não funciona como uma banda simples de tensão constante, o que ocorre é um padrão de tensão diferente nas diversas fibras durante a realização do arco de movimento<sup>50</sup>.

Ao longo das últimas décadas, houve uma discussão quanto à subdivisão do LCA. Atualmente a proposta mais aceita é subdividi-lo em duas bandas

distintas: AM e PL<sup>3</sup>. A existência da crista lateral bifurcada reforça a ideia da existência de duas bandas<sup>13</sup>. As bandas anteromedial e posterolateral contribuem de maneira diferente para a estabilidade anterior de acordo com o grau de flexão do joelho<sup>4,51</sup>.

A origem da banda anteromedial está localizada na região proximal e anterior da área total de origem do LCA no fêmur, enquanto a origem da banda posterolateral está localizada na região distal e posterior. Na origem femoral, o posicionamento relativo entre as duas bandas se altera durante o arco de movimento. Com o joelho estendido, a banda posterolateral está localizada posteriormente e inferiormente à banda anteromedial. Durante a flexão do joelho, a banda posterolateral passa a se localizar mais superficialmente e inferiormente que a banda anteromedial<sup>50</sup>. A nomenclatura das bandas é determinada por sua inserção tibial<sup>3</sup>.

Estudos prévios determinam que a banda anteromedial é tensionada em flexão e seria responsável pela estabilidade anterior no plano sagital, enquanto a banda posterolateral é tensionada em extensão e seria a responsável pela estabilidade rotacional do LCA<sup>3,4,8,9,52-54</sup>. Publicações recentes indicam que as bandas têm uma atuação sinérgica na estabilidade anterior e rotacional ao invés de funções distintas<sup>5-7</sup>.

**Gardner et al.**<sup>7</sup>, em 2015, realizam ensaios biomecânicos para avaliar a translação anterior de cada compartimento em manobras de Lachman e pivot-shift em diferentes ângulos de flexão. Os dados sugerem que a banda AM é o

principal estabilizador anterior e rotacional em todos os graus de flexão, enquanto a banda PL teria um papel secundário, atuando de maneira sinérgica à banda AM principalmente nos menores ângulos de flexão do joelho. Baseados em tais resultados, os autores sugerem que a reconstrução isolada da banda anteromedial seria suficiente para fornecer estabilidade anterior e rotacional.

**Skelley et al.**<sup>55</sup>, em 2015, publicam um estudo em que são coletadas amostras das bandas anteromedial e posterolateral de 16 cadáveres para uma avaliação dinâmica de suas propriedades microestruturais. As fibras de colágeno são tensionadas e analisadas através da captação de imagens com luz polarizada quanto ao seu alinhamento. Os autores observam propriedades materiais distintas em cada banda. A banda anteromedial é mais forte, rígida e apresenta alinhamento mais uniforme de suas fibras, caracterizando-a como banda “dominante” do ponto de vista biomecânico.

**Mochizuki et al.**<sup>56</sup>, em 2006, descrevem a origem do LCA como uma parte formada pela inserção direta das fibras de sua porção média associada a uma camada fina e membranosa de fibras que se abrem no côndilo posterior como um leque. Esse mesmo grupo de pesquisadores em 2013<sup>57</sup> observa que as fibras em leque posteriores não se alinham com as demais à medida que o joelho é fletido, sugerindo que sua função seria limitada.

**Kawaguchi et al.**<sup>33</sup>, em 2015, realizam testes biomecânicos em 8 joelhos de cadáveres para avaliar a contribuição das fibras em leque na função do LCA. Nos testes que avaliaram a estabilidade anterior, a porção central do LCA é

responsável por 82 a 90% da estabilidade, as fibras em leque da região anterior contribuem com 2% a 3% da estabilidade e as fibras em leque da porção posterior contribuem com 11% a 15%. A banda AM contribui com 66% a 84% da estabilidade anterior, enquanto a banda PL contribui com 16% a 9% da estabilidade anterior de 0° a 90° de flexão.

### **2.2.1 Desenvolvimento embriológico do LCA**

Acredita-se que o LCA é derivado tanto da interzona articular quanto da cápsula<sup>58</sup>. O ligamento já começa a surgir na oitava semana gestacional e por volta da 14<sup>a</sup> semana todas as estruturas do joelhos já estão plenamente desenvolvidas<sup>58,59</sup>.

**Tena-Arregui et al.**<sup>60</sup>, em 2003, avaliam a anatomia do LCA em fetos entre a 24<sup>a</sup> e 40<sup>a</sup> semana gestacional, identificando pela primeira vez a presença de duas bandas distintas em joelhos fetais. Os autores constatam que o LCA fetal tem uma aparência similar ao ligamento dos adultos, mas possui uma orientação mais paralela de suas fibras e uma área da origem femoral proporcionalmente mais ampla.

**Ferretti et al.**<sup>13</sup>, em 2007, realizam dissecções anatômicas em joelhos fetais entre a 17<sup>a</sup> e a 23<sup>a</sup> semanas de gestação identificando a presença da estrutura em dupla banda já a partir da 17<sup>a</sup> semana. As bandas se apresentam paralelas com o joelho em extensão. Durante a flexão, a PL cruza a banda AM.

A análise histológica revela uma composição mais celular e vascular que o LCA no adulto. Também se observa a presença de um septo entre as duas bandas.

### 2.2.2 Origem do LCA no fêmur

A área ocupada pela origem do LCA no fêmur tem um formato semi-circular com um diâmetro que varia de 14 a 24 mm<sup>3,61,62</sup>. **Kopf et al.**<sup>63</sup>, em 2011, avaliam a largura máxima da origem femoral e inserção tibial do LCA em 137 pacientes submetidos à reconstrução e observa que a largura máxima varia entre 12 e 22 mm.

O tamanho da área de origem do LCA é bastante variável na literatura, pois está relacionado ao que os autores consideram como a parte principal das fibras do ligamento. **Odensten et al.**<sup>64</sup>, em 1985, e **Harner et al.**<sup>62</sup>, em 1999, observam que a área total apresenta respectivamente 155 mm<sup>2</sup> e 113 ± 27 mm<sup>2</sup>. Já **Mochizuki et al.**<sup>56</sup>, em 2006 e **Siebold et al.**<sup>65</sup> em 2008, removem toda a membrana sinovial antes de realizarem as medidas e observam respectivamente os valores de 65 mm<sup>2</sup> e 83 ± 19 mm<sup>2</sup>.

A origem do LCA apresenta dois padrões de fibras: a inserção direta das fibras de sua porção média e a inserção de fibras que se abrem em leque ao se inserir na parede medial do côndilo<sup>57</sup>. Essas fibras são constituídas de um tecido fibroso delgado na periferia da circunferência ligamentar<sup>57</sup>. Comparativamente,

as fibras principais que representam a porção média se inserem em uma área relativamente estreita em relação à área total do ligamento<sup>66</sup>.

**Hara et al.**<sup>66</sup>, em 2009, observam que a porção média densa principal das fibras do LCA estão inseridas em uma área oval estreita no côndilo lateral. **Iwahashi et al.**<sup>67</sup>, em 2010, descrevem a inserção direta do LCA (sem as fibras em leque) localizada em uma depressão entre a crista intercondilar lateral e a margem articular do côndilo femoral, enquanto **Sasaki et al.**<sup>68</sup>, em 2012, descrevem que sua localização seria em uma região anterior estreita ocupando apenas uma porção da área total do ligamento.

O formato do LCA na origem femoral é um assunto controverso. Ele já foi descrito como um círculo<sup>3,52</sup>, oval<sup>69-72</sup> ou segmento de um círculo<sup>13</sup>. A explicação para tal variação na interpretação do formato<sup>73</sup> está exatamente no fato de alguns autores incluírem as fibras em leque no que consideram a área ocupada pela origem do LCA<sup>13,62,67,74,75</sup>, enquanto outros autores consideram apenas a área de inserção principal das fibras provenientes da porção média<sup>76-79</sup>.

O centro da área de origem do LCA, tanto da banda AM quanto da banda PL, também é diferente se considerarmos a presença das fibras em leque<sup>73</sup>. Isso deve ser levado em conta durante a realização do túnel femoral. Ao se reconstruir somente as fibras da porção média, o túnel deve ser posicionado relativamente mais superficial e alto quando comparado ao túnel baseado na área total incluindo as fibras em leque<sup>73</sup>.

**Robinson et al.**<sup>80</sup>, em 2009, demonstram em um estudo em cadáveres que um enxerto com 9 mm de espessura ocupa aproximadamente 33% da área de origem do LCA. Já **Iriuchishima et al.**<sup>81</sup>, em 2012, observam que o enxerto quádruplo de flexores é capaz de reproduzir o tamanho da área de origem do LCA no fêmur<sup>81</sup>, enquanto a área de inserção tibial pode ser reproduzida tanto com enxerto de flexores quanto do tendão patelar.

### **2.2.2.1 Parâmetros anatômicos da origem do LCA**

Clancy (1998), ao instruir seus alunos, foi o primeiro a descrever a proeminência óssea presente no limite anterior do LCA<sup>12</sup> e a chamou de crista do residente. Quando os residentes estavam aprendendo a técnica de reconstrução do LCA, era comum não realizarem o desbridamento adequado das fibras residuais na parede medial do côndilo lateral e erroneamente confundiam a crista do residente com a região mais posterior do fêmur<sup>12</sup>.

**Hutchinson et al.**<sup>82</sup>, em 2001, descrevem a crista do residente como uma alteração da inclinação e espessura da cortical óssea localizada há cerca de 75% da distância do teto do intercôndilo ao seu limite posterior na parede medial do côndilo lateral. Sua localização é imediatamente anterior a origem do LCA e anterior ao limite posterior do sulco intercondilar (posição over-the-top). Esse reparo está presente em 9 de 10 joelhos utilizados na sua publicação.

**Farrow et al.**<sup>83</sup>, em 2007, avaliam a anatomia do sulco intercondilar em 200 espécimes de cadáver. Os autores observam que a estrutura chamada de crista do residente pelo Dr. Clancy, está presente em 194 dos 200 espécimes. Eles sugerem alterar o nome para crista intercondilar lateral baseado em sua localização anatômica.

**Ferretti et al.**<sup>13</sup>, em 2007, identificam a presença de uma crista ou uma linha de mudança da inclinação separando as bandas AM e PL. Eles chamam esse reparo anatômico de crista lateral bifurcada. Esse mesmo estudo define a crista intercondilar lateral como um parâmetro ósseo na parede medial do côndilo lateral que cursa de proximal para distal e de anterior para posterior na posição anatômica (joelho em extensão).

**Tsukada et al.**<sup>84</sup>, em 2014, publicam um estudo anatômico de 318 peças de fêmures humanos para avaliação da crista intercondilar lateral como parâmetro anatômico. Eles observam uma grande variabilidade na posição e dimensões da crista, principalmente em sua porção mais distal. Embora a crista intercondilar lateral seja identificada em 94% dos espécimes analisados, em 18,4% não é possível identificar sua metade mais distal. Esse mesmo estudo analisa 20 joelhos de cadáveres utilizando micro-tomografia computadorizada observando que em muitas das peças analisadas, as fibras do LCA ultrapassam o limite da crista intercondilar lateral em sua porção média e anterior, derrubando a idéia comum de que essa estrutura determinaria um dos limites do LCA<sup>12,13,83</sup>.

**Hart et al.**<sup>85</sup>, em 2015, propoem um novo método de localização do centro anatômico da origem do LCA no fêmur. Através do estudo em 8 peças de cadáveres eles adotam como ponto de referência o ápice da cartilagem profunda. Eles concluem que a localização do centro do LCA está em média 3 mm anteriormente e 12 mm distalmente ao ponto de referência proposto. Nesse mesmo estudo os autores analisam um guia de 6 mm utilizado durante o posicionamento no fêmur apoiando-se na cortical posterior. Eles observam uma distância média de 4,5 mm do centro do LCA, indicando que esse tipo de material, comumente utilizado para reconstrução pela técnica transtibial na posição isométrica, não é adequado para o posicionamento correto do túnel femoral na técnica de reconstrução anatômica.

### **2.2.3 Corpo do ligamento**

O comprimento intra-articular do LCA varia entre 22 a 41 mm com uma média de 32 mm e sua largura varia entre 7 a 12 mm<sup>4,86</sup>. Muito provavelmente, essas medidas representam o comprimento da banda AM<sup>87</sup>. Em um estudo em cadáveres<sup>88</sup>, a porção intra-articular da banda PL tem um comprimento médio de 17,8 mm.

A porção média do LCA é a parte mais delgada se comparada às inserções ósseas<sup>62</sup>. A área de secção transversa nessa região aumenta durante seu trajeto do fêmur para a tíbia<sup>86</sup>. **Anderson et al.**<sup>89</sup> em 2001, conduzem um estudo clínico em uma população de jogadores de basquete, observando uma área de secção

transversa de 36,1 mm<sup>2</sup> para as mulheres e 48,9 mm<sup>2</sup> para os homens. **Harner et al.**<sup>62</sup>, em 1999, demonstram que tanto a origem quanto a inserção do LCA apresentam uma superfície 3,5 vezes maior que a secção transversa da sua porção média.

**Iriuchishima et al.**<sup>76</sup>, em 2012, avaliam a área de secção transversa do corpo do LCA nativo com o joelho fletido a 90° para compará-lo aos enxertos comumente utilizados na reconstrução ligamentar. O valor médio encontrado foi de 46.9 ± 18.3 mm<sup>2</sup>, enquanto o enxerto quádruplo de flexores e o enxerto patelar apresentaram respectivamente 64.4 ± 6.2 e 40.8 ± 6.7 mm<sup>2</sup>. Os autores concluem que área de secção transversa dos enxertos não demonstrou diferença significativa em relação ao LCA nativo no corpo do ligamento.

**Triantafyllidi et al.**<sup>90</sup>, em 2013, realizam um estudo anatômico em joelhos de cadáveres mensurando o diâmetro do corpo do LCA em extensão. Antes da obtenção das amostras, os joelhos foram preenchidos com parafina na posição estendida para que não houvesse variação do diâmetro do ligamento após a liberação de suas inserções. O valor médio obtido no corpo do ligamento foi de 5 mm. Nesse mesmo estudo os autores avaliam reconstruções e observaram diâmetros médios de 5,8 mm para o enxerto patelar e 8 mm para o enxerto quádruplo de flexores, indicando que, embora as reconstruções não preencham toda a área de origem e inserção do LCA, elas suplantam a diâmetro médio do corpo do ligamento original.

### 2.2.4 Área de inserção tibial

Distalmente, o LCA se insere na fossa intercondilar, anteriormente e lateralmente à espinha tibial medial. É importante lembrar que o LCA não se insere nas espinhas tibiais. Anteriormente, o LCA passa abaixo do ligamento intermeniscal transverso e alguns fascículos se juntam à inserção anterior do menisco lateral. Também pode haver alguns fascículos da região posterior que se juntam à inserção posterior do menisco lateral<sup>3,52</sup>. Na inserção tibial há uma região que permite que as fibras do LCA se curvem ao contato com a porção anterior do teto do intercôndilo<sup>4</sup>, resultando em um impacto fisiológico<sup>54</sup>.

A inserção tibial é a região mais ampla do ligamento, correspondendo a um tamanho 120% maior que a origem no fêmur<sup>62</sup>. Seu formato é descrito como oval ou triangular<sup>62,64,87,91</sup>. Seu diâmetro no plano sagital varia entre 14 a 20 mm. No plano frontal, mede entre 9 e 13 mm<sup>62,64,87,91,92</sup>. No plano sagital, o comprimento da área de inserção tibial ocupa aproximadamente 40% do comprimento anteroposterior total do platô tibial<sup>93</sup>.

De acordo com **Harner et al.**<sup>62</sup> a inserção do LCA na tíbia apresenta uma área de  $136 \pm 33 \text{ mm}^2$ , enquanto para **Siebold et al.**<sup>65</sup> o valor é de  $114 \pm 36 \text{ mm}^2$ . Essas diferenças se devem ao método de obtenção das medidas e às diferenças étnicas da população estudada<sup>26</sup>. De qualquer maneira, um ponto comum aos autores é que a banda AM ocupa uma área discretamente maior que a banda PL na inserção tibial<sup>62,94</sup>. A distância do centro de inserção das banda AM e PL é aproximadamente de 8 a 10 mm<sup>87,91,95</sup>.

#### **2.2.4.1 Parâmetros anatômicos da inserção do LCA**

Para que seja possível reproduzir adequadamente a área de inserção do LCA na tibia, diversos parâmetros anatômicos foram estudados. O limite posterior do ligamento cruzado posterior (LCP) e a borda posterior do corno anterior do menisco lateral são os dois parâmetros mais utilizados. **Morgan et al.**<sup>96</sup>, em 1995, sugerem que o centro da inserção do LCA está localizado a cerca de 7 mm do LCP com o joelho fletido a 90° e tal medida não varia com o tamanho do joelho.

**Hutchinson et al.**<sup>82</sup>, em 2001, descrevem o centro da inserção do LCA na tibia a uma distância de aproximadamente 10,4 mm da borda anterior do LCP. Os autores concluem que o LCP é um parâmetro confiável e reprodutível com pequeno desvio padrão.

Contrastando com os estudos anteriores, **Zantop et al.**<sup>50</sup>, em 2006, sugerem que o LCP pode não ser um parâmetro confiável, uma vez que sua estrutura é variável e sua posição é dependente do grau de flexão do joelho. Além disso, ao utilizar o LCP como ponto de referência, há o risco de se posicionar o túnel tibial muito posteriormente.

**Zantop et al.**<sup>97</sup>, em 2005, e **Petersen et al.**<sup>9</sup>, em 2002, demonstram que o ponto de referência que dista 7 a 8 mm do LCP representa o centro da banda PL, enquanto a borda posterior do corno anterior do menisco lateral está alinhada com o centro da banda anteromedial.

A distância da borda anterior do platô tibial também tem sido descrita como um parâmetro para a inserção do LCA na tibia<sup>91,97</sup>, no entanto seu uso tem sido questionado durante a cirurgia artroscópica devido à presença da inclinação posterior do planalto tibial<sup>46</sup>. **Zantop et al.**<sup>97</sup>, em 2005, observaram que o centro da banda AM está a cerca de 13-17 mm da borda anterior do planalto tibial, enquanto o centro da banda PL está há cerca de 20-25 mm do mesmo ponto de referência. **Tállay et al.**<sup>91</sup>, em 2008 observam os valores de  $17.2 \pm 4.1$  mm para a banda AM e  $25.6 \pm 4.8$  mm para banda posterolateral.

A espinha tibial medial é outro ponto de referência citado na literatura, porém sua confiabilidade tem sido questionada<sup>82,98</sup>. **Edwards et al.**<sup>98</sup>, em 2011, observam que o centro da banda anteromedial está localizada a cerca de  $5 \pm 1$  mm lateralmente à espinha tibial medial e o centro da banda PL está localizado há cerca de  $4 \pm 1$  mm.

A crista “over-the-back” é considerada um dos parâmetros mais confiáveis e reprodutíveis<sup>82,95,98</sup> e foi descrita por **McGuire et al.**<sup>99</sup>, em 1997. Posteriormente essa estrutura foi renomeada “Retro-eminence ridge” por **Colombet et al.**<sup>95</sup>, em 2006. Essa estrutura é uma crista interespinhosa transversa no ápice da inclinação posterior do planalto tibial. Os centros da banda AM e PL estão localizados respectivamente a  $17 \pm 2$  mm e  $10 \pm 1$  mm anteriormente a esse parâmetro<sup>95,98</sup>.

Em síntese, a borda anterior do LCP, a borda posterior do corno anterior do menisco lateral e a espinha tibial medial são os pontos de referência mais comumente utilizados durante a cirurgia de reconstrução do LCA.

### **2.2.5 Inervação e propriocepção**

A inervação LCA é proveniente de ramos posteriores do nervo tibial, que penetram na cápsula articular posteriormente e percorrem um trajeto paralelo aos vasos periligamentares<sup>52</sup>. O LCA humano é uma estrutura extremamente inervada e o tecido neural constitui 1% de sua área<sup>100</sup>. **Kennedy et al.**<sup>101</sup>, em 1974, identificam fibras nervosas perivasculares envolvidas no controle vasomotor. Seus ramos distais, que não acompanham os vasos, estão primariamente relacionados a transmissão de impulsos lentos de nocicepção do LCA<sup>101</sup>.

Estudos histológicos demonstram a presença de mecanorreceptores sob a membrana sinovial na superfície do ligamento<sup>100,102</sup>. Esses receptores são classificados de acordo com sua adaptação aos impulsos nervosos. Os receptores de adaptação lenta apresentam atividade contínua em resposta à mudança do movimento, posição e ângulo de rotação da articulação (complexo de Pilo-Ruffini). Os mecanorreceptores de adaptação rápida (corpúsculos de Pacini) são os indicadores mais sensíveis de mudanças no tensionamento do ligamento, independentemente da posição da articulação<sup>86,100,102</sup>. Além disso, um pequeno número de terminações nervosas livres foram identificadas no

interior do ligamento atuando como nociceptores e reguladores do controle vasomotor<sup>100</sup>.

O entendimento crescente da ação dos mecanoceptores levou alguns autores a questionar qual seria a função das fibras remanescentes do coto do ligamento lesado e o quanto seria interessante preservá-las para a manutenção da propriocepção do LCA. **Georgoulis et al.**<sup>103</sup>, em 2001, demonstram a presença de mecanoceptores no tecido remanescente do LCA. **Adachi et al.**<sup>104</sup>, em 2002, realizam um estudo histológico no tecido remanescente do LCA observando uma correlação positiva entre o número de mecanoceptores e a acurácia da percepção da posição articular.

**Gao et al.**<sup>105</sup>, em 2015, analisam amostras do coto remanescente do LCA de 40 indivíduos durante a cirurgia de reconstrução do LCA. Os autores observam que o número de mecanoceptores e o volume do coto remanescente diminuem com o tempo de lesão.

Consequentemente, a preservação dos cotos remanescentes do LCA é recomendada, embora o risco de desenvolvimento de ciclope seja uma desvantagem que deve ser considerada<sup>46</sup>.

### **2.3 Posição dos túneis, comparação de técnicas e correlação funcional**

A técnica transtibial foi o método padrão de posicionamento do túnel femoral na reconstrução do LCA nos últimos 20 anos<sup>106</sup>. No entanto, a

reconstrução do LCA por essa técnica se baseia no princípio do posicionamento isométrico do enxerto, o que não é necessariamente uma garantia de bons resultados<sup>107,108</sup>. O posicionamento na região anteromedial alta resulta em um túnel verticalizado<sup>109,110</sup>, pois o direcionamento da perfuração femoral é limitado pela inclinação do túnel tibial. O posicionamento inadequado do túnel resulta em cerca de 10 a 30% de maus resultados, podendo ocorrer dor persistente, sintomas de instabilidade e alterações degenerativas em longo prazo<sup>106</sup>.

A tendência atual é o posicionamento dos túneis na área de origem e inserção original do LCA, ao invés de se buscar um ponto isométrico. Para se obter a reconstrução anatômica, diversos autores sugerem a utilização do portal anteromedial ou anteromedial acessório, pois a perfuração do túnel femoral pode ser realizada de maneira independente do túnel tibial pela técnica transportal<sup>111</sup>.

### **2.3.1 Estudos biomecânicos**

**Loh et al.**<sup>10</sup>, em 2003, realizam um estudo com dez joelhos de cadáveres submetidos à reconstrução com enxerto de tendão patelar comparando o posicionamento do túnel femoral nas posições às 10' e às 11'. Os autores observam resultados semelhantes quanto à translação anterior da tibia, porém a posição das 10' se mostra mais efetiva na manutenção da estabilidade rotatória, embora nenhuma das posições seja capaz de reproduzir as condições do LCA intacto.

**Yamamoto et al.**<sup>23</sup>, em 2004, avaliam dez joelhos de cadáveres submetidos a ensaios biomecânicos de translação anterior e rotação da tíbia e concluem que os enxertos em posição mais horizontalizada podem reproduzir a estabilidade anterior e rotatória do LCA quando os joelhos estão próximos à extensão, mas não são tão eficientes em maiores graus de flexão.

**Musahl et al.**<sup>24</sup>, em 2005, ao compararem dez joelhos de cadáveres em testes biomecânicos observam que o túnel femoral posicionado anatomicamente na origem do LCA apresenta uma cinemática mais próxima ao joelho normal, se comparado às reconstruções que colocam o túnel em uma posição mais isométrica.

**Rue et al.**<sup>112</sup>, em 2007, avaliam o posicionamento de um túnel com 10 mm de diâmetro às 10:30' (1:30' para o joelho esquerdo) em 14 joelhos de cadáveres e observam que nessa localização é possível abranger cerca de 50% da área da banda AM e 51% da área da banda PL.

**Gavriliadis et al.**<sup>113</sup>, em 2008, comparam o posicionamento do túnel em 10 joelhos de cadáveres comparando as técnicas transtibial e transportal. Os autores realizam medidas artroscópicas e em seguida dissecam as peças para verificar a localização dos túneis. Eles concluem que a técnica transportal é mais eficiente para posicionar o túnel femoral em sua posição anatômica.

**Brophy et al.**<sup>114</sup>, em 2009, utilizam 5 joelhos de cadáveres para comparar 3 posições de enxertos: convencional (PL na tíbia e AM fêmur), central e

horizontal (AM tíbia e PL fêmur). Os autores simulam testes para avaliar a estabilidade anterior e rotacional (Lachman, pivot-shift, rotação interna com o joelho estendido e rotação interna com 30° de flexão) através de um sistema de navegação computadorizado. O grupo com o enxerto mais horizontalizado (grupo horizontal) apresenta melhor controle da translação anterior e rotação interna quando comparado ao posicionamento mais vertical dos demais grupos.

**Herbert et al.**<sup>115</sup>, em 2010, comparam o joelho intacto ao joelho com lesão e submetido às reconstruções do LCA na posição AM-AM, PL-PL e AM-PL (AM no fêmur e PL na tíbia) através de simulações de testes de Lachman e pivot-shift a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão. Foram utilizados 09 joelhos de cadáveres humanos e um sistema robótico para realização dos ensaios. O grupo AM-PL apresentou o pior resultado quando comparado ao joelho intacto. Não são mencionadas comparações diretas dos resultados entre os grupos AM-AM e PL-PL nesse estudo, porém o grupo AM-AM apresenta resultados mais próximos ao joelho intacto do que o grupo PL-PL.

**Musahl et al.**<sup>116</sup>, em 2010, analisam 12 joelhos de cadáveres comparando três técnicas de reconstrução ligamentar: dupla banda (grupo DB), banda simples com os túneis na posição anteromedial (grupo AM) ou banda simples na posição convencional transtibial (grupo AM-PL). São utilizadas simulações instrumentadas dos testes de Lachman e pivot-shift avaliados por um sistema de navegação. Os autores observam maior translação anterior e menor controle rotacional no grupo AM-PL quando comparado aos grupos AM e DB em todos os testes. O grupo DB apresentou maior estabilidade na translação anterior do

teste de pivot-shift quando comparado ao grupo AM. No entanto, não houve diferença significativa dos grupos AM e DB quanto ao teste de Lachman e na avaliação da rotação da tíbia na manobra de pivot-shift.

**Voos et al.**<sup>117</sup>, em 2010, utilizam um dispositivo de análise da translação anterior e da manobra de pivot shift em 12 joelhos de cadáveres em quatro diferentes arranjos de reconstrução do LCA: convencional (AM no fêmur e PL na tíbia), AM-AM, PL-PL e horizontal (PL no fêmur e AM na tíbia). Os joelhos em que os enxertos foram posicionados na região anterior da inserção tibial (AM-AM e horizontal) apresentaram menor translação anterior nas manobras instrumentadas de Lachman e pivot-shift quando comparados aos grupos em que o enxerto foi posicionado posteriormente na tíbia (convencional e PL-PL).

**Kondo et al.**<sup>118</sup>, em 2011, comparam 8 joelhos de cadáveres submetidos a diferentes técnicas de reconstrução: dupla banda, banda simples anatômica e banda simples não anatômica. É utilizado um sistema de rastreamento óptico para se registrar os testes de translação anterior, rotação e pivot-shift instrumentado. Os autores observam que o grupo submetido à reconstrução com banda simples na posição não-anatômica apresentou piores resultados nos testes de rotação e pivot-shift instrumentado. O estudo também constata que não há diferença entre a reconstrução em dupla banda e banda simples na posição anatômica.

**Bedi et al.**<sup>119</sup>, em 2011, analisam os testes de gaveta anterior, Lachman e pivot shift instrumentados comparando 10 joelhos de cadáveres submetidos à

reconstrução pela técnica transtibial ou transportal. Em todos os testes, a técnica de reconstrução pelo portal AM se mostrou superior.

**Lim et al.**<sup>120</sup>, em 2012, comparam as posições anatômica central e não anatômica em sete pares de joelhos de cadáveres submetidos à reconstrução do LCA. Os autores avaliam parâmetros de translação anterior isolada e combinada à rotação interna da tibia. A análise da translação anterior isolada não demonstra diferença entre os grupos e os resultados são equivalentes ao LCA intacto. Os autores observam que ao combinar a translação anterior à rotação interna, o grupo submetido a reconstrução anatômica mostrou resultados semelhantes ao LCA intacto e superiores ao grupo submetido à reconstrução não anatômica.

**Tompkins et al.**<sup>121</sup>, em 2012, conduzem um estudo utilizando 10 pares de joelhos de cadáveres para comparar a técnica de realização do túnel femoral pelo portal medial acessório com a técnica transtibial. São realizadas tomografias pré-operatórias para a identificação da área de origem do LCA e tomografias pós-operatórias para verificar o posicionamento dos túneis. Os autores observam uma precisão de 61,2% na técnica transtibial, enquanto a realização do túnel femoral pelo portal medial acessório permite uma precisão de 97,7% no posicionamento dentro da anatomia original.

**Lee et al.**<sup>122</sup>, em 2012, avaliam 10 joelhos de cadáveres quanto ao grau de isometricidade de diferentes configurações de posicionamento dos túneis tibial (convencional ou anterior) e femoral (vertical ou AM). Os autores utilizam um

sistema de coordenadas baseado em tomografias com reconstrução tridimensional em diferentes graus de flexão do joelho. A combinação do túnel tibial na posição convencional com o túnel femoral na posição vertical apresenta maior grau de isometricidade dentre todas as configurações testadas. Ao se avaliar o túnel femoral na posição anatômica, a combinação mais isométrica é com o túnel tibial na posição anterior.

**Lubowitz et al.**<sup>123</sup>, em 2013, comparam o grau de isometricidade nas reconstruções pela técnica transtibial e anatômica em 7 pares de joelhos de cadáveres. Os autores avaliam o arco de movimento a partir de 120° de flexão até a extensão total e observam um aumento de comprimento de 4,5mm para a técnica de reconstrução transtibial e 7,5mm para a técnica anatômica. A conclusão do estudo é que ao se realizar o túnel femoral na posição anatômica, o enxerto deve ser fixado com o joelho em extensão total para evitar o tensionamento excessivo das fibras e conseqüentemente a perda da extensão.

**Matsubara et al.**<sup>124</sup>, em 2014, simulam a reconstrução do LCA pela técnica outside-in em modelos tridimensionais obtidos a partir de tomografias de 40 indivíduos. Foram simulados túneis femorais com diferentes graus de angulação e diferentes distâncias do ponto de entrada em relação ao epicôndilo lateral do fêmur direcionados para o centro da origem do LCA. Os autores concluem que os túneis realizados em uma distância de até 2cm do epicôndilo lateral com angulação entre 45° e 60° (proximal para distal) apresentam melhor cobertura da origem do LCA. Os túneis realizados a partir de 3cm apresentam maior índice

de complicações como lesão da cartilagem e violação da parede posterior do fêmur.

**Harms et al.**<sup>125</sup>, em 2015, realizam testes com um simulador biomecânico em 10 joelhos de cadáveres para comparar a estabilidade do LCA intacto, lesionado e reconstruído em posição anatômica com banda simples. Eles concluem que a reconstrução anatômica com banda simples em posição central é capaz de reestabelecer a translação anterior e rotação do compartimento medial ou lateral da tíbia no mesmo nível dos joelhos sem lesão do LCA.

### **2.3.1.1 Comparações envolvendo as posições anteromedial e central**

**Kato et al.**<sup>126</sup>, em 2009, comparam joelhos de porcos intactos e reconstruídos com enxertos flexores humanos em 4 grupos de acordo com o posicionamento dos túneis: AMA-PL (AM alta no fêmur e PL na tíbia simulando a técnica transtibial), C-C (central no fêmur e central na tíbia), AM-AM (AM no fêmur e na tibia), PL-PL (PL no fêmur e na tíbia) e dupla banda (banda AM-AM e banda PL-PL). São utilizados 10 joelhos com diferentes configurações dos túneis de modo a permitir que cada grupo seja testado em no mínimo 5 espécimes diferentes. Os autores utilizam um sistema robótico para realizar simulações da gaveta anterior (30°, 60° e 90° de flexão) e do teste de pivot-shift (30° e 60° de flexão). Na comparação das reconstruções com banda simples, o grupo C-C apresenta maior estabilidade anterior. Ao se comparar o grupo AM-AM ao grupo

PL-PL não há diferença estatisticamente significativa, mas os autores observam uma tendência de maior estabilidade anterior na posição AM-AM.

**Cross et al.**<sup>31</sup>, em 2011, apresentam o primeiro estudo que compara diretamente as posições anatômicas anteromedial e central na reconstrução do LCA com banda única. São analisados 6 joelhos de cadáveres incluindo o quadril na mesma peça, após menisectomia dos dois compartimentos (medial e lateral). As reconstruções são realizadas com enxertos de flexores e via aberta comparando o LCA íntegro, LCA roto, reconstrução com banda simples na posição AM e reconstrução com banda simples na posição central. São realizados testes de Lachman com força de 68N e pivot-shift mecanizado avaliados por sistema de navegação. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as posições AM e C. Ambas apresentam resultados semelhantes ao LCA íntegro no teste de Lachman. No teste de pivot-shift, ambas apresentaram melhores resultados que o ligamento roto, porém não conseguiram reproduzir a estabilidade do compartimento lateral quando comparadas ao LCA íntegro.

**Fernandes**<sup>127</sup>, em 2016, realiza 30 reconstruções anatômicas do LCA em 15 peças cadavéricas com as estruturas preservadas do quadril ao tornozelo, dividindo sua casuística em 4 grupos: LCA intacto, ruptura total do LCA, reconstrução anatômica na posição anteromedial e reconstrução anatômica na posição central. A estabilidade em rotação interna e gaveta anterior são avaliadas nos testes de Lachman e “pivot shift” com auxílio de um sistema óptico de navegação e tomografia 3D. O autor observa que a reconstrução anatômica

do LCA na posição central permite uma maior restrição da rotação interna do joelho, em comparação à reconstrução anatômica anteromedial, quando submetida aos testes do “pivot shift” mecanizado e de Lachman. Tanto a reconstrução anatômica na posição central quanto anteromedial permitiram restabelecer a translação anterior do joelho próximo a função do LCA original.

### **2.3.2 Estudos clínicos**

**Topliss et al.**<sup>15</sup>, em 2001, avaliam o posicionamento dos túneis femoral e tibial nas radiografias dos joelhos de 154 pacientes submetidos à reconstrução do LCA (aberta ou artroscópica) e observam um posicionamento inadequado nas incidências em perfil em 65% dos túneis femorais e 59% dos túneis tibiais.

**Jepsen et al.**<sup>128</sup>, em 2007, publicam o primeiro ensaio clínico prospectivo duplo-cego randomizados comparando dois posicionamento de túneis diferentes pela técnica transtibial. A casuística de 60 pacientes foi dividida em 2 grupos: 30 indivíduos no grupo do túnel posicionado mais inferiormente (às 10’ ou 2’) e 30 pacientes no grupo do túnel posicionado mais superiormente (11’ ou 1’). Os pacientes foram avaliados clinicamente pelos scores de IKDC (objetivo e subjetivo) e estabilidade anterior no plano sagital. O grupo em que o túnel femoral foi realizado mais inferiormente (10’ ou 2’) apresentou melhores resultados no IKDC subjetivo, sem diferenças significativas nos demais parâmetros avaliados.

**Dargel et al.**<sup>129</sup>, em 2008, comparam as técnicas transtibial e transportal através da avaliação radiográfica de 70 pacientes submetidos à reconstrução do LCA. Na análise radiográfica em perfil, observam 86% de resultados considerados próximos ao posicionamento ideal do túnel quando realizado pelo portal AM, enquanto somente 57% dos túneis realizados pela técnica transtibial apresentam os mesmos resultados. Na incidência frontal os túneis confeccionados através do portal AM mostram uma maior inclinação em direção ao côndilo lateral (50.92°) quando comparados à técnica transtibial (58.82°). Os autores concluem que a realização do túnel femoral pelo portal AM resulta em um posicionamento radiográfico mais próximo do ideal se comparado à técnica transtibial.

**Kim et al.**<sup>130</sup>, em 2011, comparam o método de realização do túnel femoral pela técnica transtibial ou através do portal AM acessório. Houve melhora estatisticamente significativa no teste de pivot-shift no grupo em que o túnel femoral foi realizado pelo portal AM acessório. Não houve diferença estatisticamente significativa quanto à instabilidade anterior pelo testes de Lachman ou avaliação com KT-1000 e nas escalas de pontuação de Lysholm e IKDC.

**Yau et al.**<sup>131</sup>, em 2013, publicam um estudo retrospectivo de 39 pacientes submetidos à reconstrução do LCA comparando o posicionamento dos túneis pelas técnicas transtibial e transportal através de imagens de ressonância magnética. Os autores observam o posicionamento mais preciso dos túneis tibial e femoral nos pacientes submetidos a reconstrução pela técnica transportal.

**Franceschi et al.**<sup>25</sup>, em 2013, publicam um estudo retrospectivo em 88 pacientes, com seguimento mínimo de 5 anos, submetidos a reconstrução do LCA com flexores pela técnica transtibial ou transportal. Os autores observam resultados semelhantes quanto a presença de alterações radiográficas degenerativas e pontuações de Lyshoml e IKDC. Os dois grupos apresentam um grau leve de instabilidade no teste de pivot-shift e Lachman e tais achados são maiores no grupo transtibial, embora não haja diferença estatisticamente significativa ao compará-lo ao grupo transportal.

**Wang et al.**<sup>132</sup>, em 2013, realizam a avaliação cinemática de 24 pacientes submetidos à reconstrução do LCA, sendo 12 pacientes pela técnica transtibial, 12 pacientes pela técnica transportal e 20 pacientes controle. A técnica transportal apresenta melhores resultados no controle da translação AP durante a fase de balanço e da rotação externa do fêmur na fase de apoio. Os autores também observam que os pacientes submetidos a reconstrução pela técnica transportal apresentam maior incidência de perda de extensão na fase de apoio tardio.

**Shin et al.**<sup>106</sup>, em 2013, analisam tomografias com reconstrução tridimensional para comparar três técnicas diferentes de reconstrução: transtibial, transportal e outside-in. Os resultados desse estudo retrospectivo mostram que a técnica transtibial resulta em túneis mais altos. Não há diferença estatisticamente significativa quanto ao comprimento dos túneis nas três diferentes técnicas.

**Hensler et al.**<sup>133</sup>, em 2013, avaliam tomografias com reconstrução tridimensional em um estudo retrospectivo com 43 pacientes submetidos à reconstrução do LCA pela técnica transportal ou transtibial. Os autores observam que, embora a reconstrução pela técnica transportal resulte em túneis mais curtos, eles têm comprimento suficiente para se obter uma fixação adequada do enxerto.

**Porter et al.**<sup>134</sup>, em 2014, utilizam um sistema de navegação computadorizada no momento da cirurgia para avaliar 20 pacientes submetidos à reconstrução do LCA na posição anatômica com enxerto de flexores. Sob anestesia e com os marcadores posicionados, os pacientes são submetidos às manobras de pivot shift antes da reconstrução e imediatamente após o procedimento tendo o joelho contralateral como controle. Os autores concluem que a reconstrução anatômica é eficaz em reduzir a translação anterior e a rotação interna durante a manobra de pivot shift, atestando a eficácia do procedimento. No entanto, na comparação com o membro contralateral, a redução da rotação interna apresenta resultados significativamente inferiores mostrando que a cinemática normal do joelho não é restabelecida.

**Lee et al.**<sup>135</sup>, em 2014, avaliam o posicionamento dos túneis tibial e femoral em pacientes submetidos à reconstrução do LCA utilizando um portal AM acessório. São realizadas tomografias com reconstrução tridimensional, interpretadas por diferentes métodos, que demonstram a eficácia da técnica em posicionar corretamente os enxertos na região central da área de inserção do LCA da tíbia e no fêmur.

**Youm et al.**<sup>37</sup>, em 2014, publicam um estudo prospectivo randomizado com 40 pacientes comparando o posicionamento do túnel femoral pelas técnicas transportal e transtibial modificada (a tíbia é posicionada em varo e rodada internamente e o túnel tibial é mais horizontalizado). São analisadas reconstruções tridimensionais comparando as duas técnicas que mostram não haver diferenças significativas quanto ao posicionamento anatômico do túnel femoral e parâmetros de avaliação clínica (IKDC subjetivo, Tegner, Lysholm, Lachman, Pivot-shift e KT-1000).

**Middleton et al.**<sup>32</sup>, em 2015, realizam medidas intraoperatórias comparando a área de origem do LCA com a área ocupada pelo enxerto de banda simples na posição anatômica. Os enxertos utilizados foram variados: autoenxerto de flexores, autoenxerto quadriciptal com bloco ósseo, aloenxerto ou enxerto híbrido. Os autores concluem que não é possível se reestabelecer a área total da origem do LCA, pois a média de cobertura é de 79% no fêmur e 70% na tíbia.

**Pansard et al.**<sup>136</sup>, em 2015, comparam retrospectivamente 40 pacientes operados pelas técnicas outside-in ou inside-out pelo portal medial. Os autores concluem que as duas técnicas são eficientes no posicionamento anatômico do enxerto, sem diferenças entre os grupos na análise por tomografia tridimensional.

**Lee et al.**<sup>137</sup>, em 2015, publicam uma metanálise comparando as técnicas transtibial e anatômica quanto ao posicionamento do túnel femoral analisado em

tomografias com reconstrução tridimensional. Os autores concluem que a técnica de reconstrução anatômica resulta em túneis femorais mais baixos. Quanto à profundidade, os trabalhos divergem de acordo com a técnica utilizada nas mensurações.

**Liu et al.**<sup>27</sup>, em 2015, publicam uma revisão sistemática em que comparam as técnicas transtibial e transportal. Os resultados sugerem que a técnica transportal é superior na análise por escalas de pontuação (IKDC, Lysholm, VAS) e exame físico (Lachman e pivot-shift e KT-1000). Embora estatisticamente significativas, os autores destacam que as diferenças apresentadas foram de baixa magnitude e não têm significado clínico.

## **2.4 Métodos de avaliação objetiva**

### **2.4.1 Posturografia**

A lesão do LCA afeta de alguma forma o controle postural, uma vez que esse ligamento, além de atuar como um estabilizador mecânico<sup>138</sup>, contribui com a função proprioceptiva do joelho<sup>139</sup>. A propriocepção é a percepção da posição da articulação (propriocepção estática) e do seu movimento (cinestesia)<sup>140</sup>.

A perda da informação sensorial proveniente do LCA prejudica as respostas neuromusculares necessárias para manter o equilíbrio do corpo<sup>141</sup>. Tal

efeito pode aumentar o risco de lesões secundárias<sup>142-144</sup>. As alterações proprioceptivas podem ser investigadas através de testes que envolvem a percepção da posição articular<sup>145-149</sup> ou através da avaliação do controle postural<sup>149-151</sup>.

O controle postural é determinado por medidas que quantificam a oscilação do corpo em um determinado intervalo de tempo. A técnica utilizada para se medir essa oscilação e suas variáveis é chamada de posturografia. A posturografia estática avalia o controle postural do indivíduo sem perturbações externas, enquanto a posturografia dinâmica avalia a resposta compensatória a uma perturbação externa aplicada sobre o indivíduo. A medida posturográfica mais comumente utilizada na avaliação do controle postural é o centro de pressão (CP). O CP é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais agindo sobre a superfície de suporte. O equipamento mais utilizado para mensurar o CP é a plataforma de força<sup>141</sup>. Não há um consenso sobre quais variáveis do CP devem ser usadas na avaliação do controle postural e muitas são redundantes, o que torna desnecessária a análise de todas elas<sup>141</sup>.

A plataforma de força é capaz de medir deslocamento do CP ao longo do tempo. É possível obter séries temporais da posição do CP nas direções anteroposterior e mediolateral<sup>152</sup>. O eixo X é o traço horizontal do plano mediolateral direcionado para o lado direito do paciente. O eixo Y é a linha horizontal do plano anteroposterior direcionada para a região à frente do paciente<sup>153</sup>. As variáveis detectadas nos planos mediolateral e anteroposterior podem ser analisadas de maneira independente ou através de medidas que

levam em conta as duas direções simultaneamente. Outros parâmetros analisados derivam da velocidade e da área de oscilação.

A lesão do LCA provoca alterações do equilíbrio no apoio monopodálico do membro afetado<sup>143,145,154</sup>. Tais alterações também podem estar presentes no membro contralateral<sup>146,149,154-157</sup>, uma vez que o deficit da informação aferente afeta a resposta neuromuscular de ambos os lados<sup>154</sup>.

**Bagga et al.**<sup>158</sup>, em 1991, publicam um dos primeiros estudos avaliando pacientes com lesão do LCA em plataforma de força. Eles comparam 40 pacientes: 25 com lesão do LCA e 15 controles. São avaliados 2 parâmetros: máxima amplitude do pico de força na direção anteroposterior e máxima amplitude do pico de força tolerado pelo paciente durante movimentos de rotação do tronco. Somente o primeiro parâmetro mostrou alterações, embora a análise estatística não tenha sido descrita.

**Lysholm et al.**<sup>159</sup>, em 1998, analisam uma casuística de 42 indivíduos, sendo que 22 pacientes apresentam lesão crônica do LCA e 20 pacientes não apresentam lesão. São realizadas comparações do membro lesionado ao membro contralateral e ao membro pareado do grupo controle de acordo com uma pontuação própria do estudo, derivada da oscilação no plano AP. Nos testes com os olhos abertos, o grupo com lesão crônica do LCA apresenta maior oscilação no membro lesionado em relação ao membro contralateral e em relação ao membro pareado do grupo controle. Com os olhos fechados, o grupo com lesão crônica do LCA apresenta maior oscilação no membro lesionado em

relação ao membro pareado do grupo controle, mas não houve diferença em relação ao membro contralateral. Mesmo no membro não lesionado, houve diferença entre os grupos ao se realizar os testes com os olhos fechados. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos no apoio bipodálico.

**Hoffman et al.**<sup>160</sup>, em 1999, comparam 20 indivíduos submetidos à reconstrução do LCA com tendão patelar a 20 controles através da análise do equilíbrio estático e dinâmico na plataforma de força. O parâmetro escolhido é o sway path linear mean que seria a distância média em milímetros percorrida pelo CP em 20 milissegundos conforme descrito por **Hufschmidt et al.**<sup>161</sup>, em 1980. O equilíbrio dinâmico é avaliado após um estímulo elétrico no nervo tibial da perna de apoio, provocando a contração do tríceps sural. Os autores observam diferenças entre os grupos somente na avaliação do equilíbrio dinâmico. Não há diferença entre o membro operado e o membro não operado em nenhuma das avaliações.

**Henriksson et al.**<sup>162</sup>, em 2001, publicam um estudo em que avaliam o controle postural de 25 pacientes submetidos a reconstrução do LCA com tendão patelar comparando-os a um grupo controle de 20 indivíduos. São avaliados parâmetros de equilíbrio estático e dinâmico, além da frouxidão anterior (KT-1000), e pontuações de Lysholm e IKDC. Para a avaliação do equilíbrio estático, é utilizada uma escala de pontuação. Os autores observam maior translação anterior da tíbia no grupo submetido à reconstrução do LCA. Apesar disso, os pacientes operados apresentam controle postural equivalente ao grupo controle

para quase todos os testes, com exceção de 2 parâmetros do equilíbrio dinâmico: tempo de reação e latência entre o início da força de movimento e máxima oscilação no plano sagital.

**Bonfim et al.**<sup>163</sup>, em 2003, comparam 10 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com enxerto patelar a um grupo controle com 10 indivíduos sem lesão. São realizados testes de parâmetros de propriocepção e avaliação da posturografia dinâmica. Os autores observam que os indivíduos submetidos à reconstrução do LCA apresentam redução da percepção da posição articular, aumento do limiar de detecção da movimentação passiva, latência mais prolongada dos músculos isquiotibiais e menor controle postural após uma perturbação externa.

**Ageberg et al.**<sup>164</sup>, em 2005, avaliam 36 indivíduos com lesão do LCA em plataforma de força para os seguintes parâmetros: velocidade média de deslocamento e número de movimentos excedendo em 10 mm o valor médio do CP (Dev10). Os parâmetros da plataforma de força são então comparados a testes de força, estabilidade e propriocepção. A análise em conjunto não mostrou associação dos resultados da posturografia a nenhuma variável independente. Na análise dos subgrupos divididos por sexo, os autores observam correlação de maiores valores de translação anterior da tíbia (KT-1000) com maiores valores de DEV10 e menores valores de velocidade média. Somente no grupo das mulheres, os autores observam correlação entre menores valores da velocidade média e maiores valores de força muscular.

**Bonfim et al.**<sup>165</sup>, em 2008, comparam o equilíbrio estático de 28 indivíduos com lesão do LCA a 28 indivíduos de um grupo controle. Os parâmetros de posturografia utilizados são a amplitude de oscilação nos planos ML e AP sob apoio monopodálico. Em um segundo momento, os mesmos testes são realizados, mas dessa vez o indivíduo poderia se apoiar em uma barra colocada ao seu lado, para auxiliá-lo na manutenção do equilíbrio. Os indivíduos com lesão do LCA apresentam piores resultados em todos os parâmetros. Ao encostar na barra estacionária, os dois grupos apresentam melhora do equilíbrio, porém o efeito é mais significativo no grupo com lesão do LCA.

**Dauty et al.**<sup>166</sup>, em 2010, comparam o equilíbrio de 35 pacientes submetidos à reconstrução do LCA (15º dia de pós operatório) a 35 controles. Quatro parâmetros são avaliados: distância total percorrida do centro de pressão, distância no plano ML, distância total no plano AP e sway área (95% da área percorrida pelo centro de pressão). Os parâmetros são medidos com as seguintes variações de posição: apoio monopodálico ou bipodálico, olhos abertos ou fechados, joelhos em extensão ou fletidos a 20 graus. No apoio bipodálico os indivíduos submetidos a reconstrução do LCA apresentam piores resultados independentemente da posição dos joelhos ou abertura ocular. O membro operado apresentou piores resultados que o membro contralateral ao se comparar o apoio com o joelho estendido e os olhos abertos. A análise estatística com os olhos fechados foi prejudicada, pois alguns indivíduos não conseguiram permanecer sobre o apoio monopodálico nessas condições.

**Parus et al.**<sup>140</sup>, em 2011, avaliam o equilíbrio estático em 15 pacientes submetidos à reconstrução do LCA e sutura do menisco medial (2 meses de pós operatório) comparados a 20 controles. Os parâmetros avaliados foram velocidade média ML e velocidade média AP. Os testes foram feitos com apoio monopodálico e bipodálico e com os olhos abertos e fechados. Os autores observam piores resultados em todos os testes no grupo operado.

**Howells et al.**<sup>167</sup>, em 2011, publicam uma revisão sistemática avaliando os resultados do equilíbrio estático e dinâmico baseados em 10 estudos prévios comparando indivíduos submetidos à reconstrução do LCA a indivíduos saudáveis. Na avaliação do equilíbrio estático com os olhos abertos, há uma tendência a se encontrar melhores resultados no grupo controle. Essa tendência não está presente nos testes com os olhos fechados. Apenas 4 estudos avaliaram o equilíbrio dinâmico e os resultados também sugerem uma piora nos testes de equilíbrio para o grupo submetido à reconstrução do LCA.

**Mohammadi et al.**<sup>36</sup>, em 2011, avaliam 30 atletas submetidas à reconstrução do LCA (8,5 meses de pós operatório) comparadas a 30 controles avaliados em plataforma de força com superfície rígida ou recoberta por espuma. São utilizados parâmetros de amplitude e velocidade nas direções AP e ML. Os autores observam diferenças na comparação do membro operado com o membro contralateral ou com o mesmo membro no grupo controle, indicando que mesmo após 8 meses do procedimento cirúrgico, o controle postural não foi reestabelecido. Também não houve diferença ao se comparar o membro não operado ao mesmo membro do grupo controle.

**Negahban et al.**<sup>168</sup>, em 2014, publicam uma revisão sistemática para determinar o prejuízo do controle postural com apoio monopodálico em pacientes com lesão do LCA. Através da análise de 12 publicações prévias, os autores concluem que a lesão do LCA afeta o controle postural tanto do membro lesionado quando do membro não lesionado. Nos testes de equilíbrio com os olhos abertos, ambos os membros são afetados da mesma maneira, enquanto com os olhos fechados, o membro com lesão é o mais afetado. Ao se propor protocolos de reabilitação, é recomendável ter em mente que ambos os membros devem ser treinados quanto ao controle postural.

**Goetschius et al.**<sup>169</sup>, em 2013, comparam o equilíbrio estático de 20 pacientes submetidos a reconstrução do LCA à 20 controles avaliados antes e após 36 minutos de exercícios. Os parâmetros avaliados foram: desvio padrão deslocamento no plano ML ( $X_{SD}$ ), desvio padrão do deslocamento no plano AP ( $Y_{SD}$ ), velocidade média ( $V_m$ ) e 95% da área da elipse do deslocamento do CP ( $Elipse_{95\%}$ ). Os autores observam uma piora do  $X_{SD}$  após os exercícios somente no grupo controle. Uma das possíveis explicações é que os indivíduos com lesão do LCA tiveram que desenvolver mecanismos de adaptação do equilíbrio ao longo do tempo. É importante ressaltar que a diferença entre os grupos foi estatisticamente significativa, mas de baixa magnitude, tornando questionável sua aplicabilidade clínica.

**Pahnabi et al.**<sup>170</sup>, em 2014, publicam um estudo transversal comparando o controle postural de 15 indivíduos submetidos reconstrução do LCA (7 meses de pós operatório) a 15 controles. São determinados os seguintes parâmetros:

deslocamento ML, deslocamento AP e velocidade de oscilação. Os autores observam piores resultados no membro operado em todos os parâmetros quando comparado ao membro dominante do grupo controle. Mesmo o membro não operado dos pacientes submetidos à reconstrução do LCA apresentam piores resultados que o membro dominante do grupo controle.

**Ma et al.**<sup>171</sup>, em 2014, utilizam uma plataforma de equilíbrio para avaliar 67 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA por uma das 03 técnicas: banda simples, banda dupla ou banda simples aumentada. A medida de oscilação total do CP apresenta resultados significativamente melhores com 6 e 12 meses nos pacientes submetidos à reconstrução com dupla banda e banda simples aumentada, quando comparados aos pacientes reconstruídos com banda simples. Não houve diferença entre os grupos banda dupla e banda simples aumentada.

#### **2.4.2 Hop test**

O hop test é um método de avaliação baseado no desempenho funcional que reflete a integração do controle neuromuscular, força e confiança no membro, fornecendo informações a respeito da estabilidade dinâmica do joelho<sup>172</sup>. Trata-se de um instrumento muito prático, pois não requer gastos com equipamento e é de fácil e rápida aplicação<sup>173</sup>. **Fitzgerald et al.**<sup>174</sup>, em 2001, sugerem que o hop test auxilia na identificação dos pacientes que poderão ter

problemas no futuro devido à patologia do joelho, além de servir como uma medida útil da evolução funcional em resposta ao tratamento.

O método mais simples do hop test é determinado pela medida direta da distância máxima do salto em centímetros para cada um dos membros. Também é possível obter um índice dividindo-se a distância do salto alcançada com o membro operado pela distância do salto alcançada com o membro não operado. O valor dessa divisão é então multiplicado por 100 para indicar o percentual de diferença entre os membros, medida conhecida como índice de simetria do membro.<sup>175-177</sup>. Os autores consideram anormal um índice de simetria do membro abaixo de 85%.

Existem diversas modalidades de hop test. **Noyes et al.**<sup>178</sup>, em 1991, descrevem a sensibilidade de 4 variantes do teste de saltar com o apoio de um dos membros em pacientes com lesão do LCA: o single-leg hop for distance, que é o teste original, consiste em saltar a máxima distância sobre o apoio de um único membro, o timed hop, que consiste em saltar a maior distâncias possível dentro de um tempo pré-definido, o triple hop for distance, que consiste em 3 saltos sequências para se alcançar a máxima distância e o crossover hop for distance, que consiste em salto alternando a linha média. Outras modalidades foram descritas, como o vertical hop e o side hop, mas seu uso ainda não é uniforme na literatura<sup>172,179,180</sup>.

### **2.4.3 Avaliação isocinética**

Aproximadamente 6% a 27% dos atletas que retornam à prática esportiva após a reconstrução do LCA sofrem nova lesão no prazo de 10 anos<sup>181</sup>. A diminuição da força muscular é um fator que pode levar ao aumento do risco de relesão do LCA sendo, portanto, essencial o fortalecimento adequado do quadríceps e dos flexores do joelho antes do retorno ao esporte<sup>182,183</sup>. A avaliação isocinética fornece uma medida objetiva da força muscular utilizada<sup>184</sup> e é uma ferramenta útil para o seguimento.

Uma das críticas ao método é que o movimento realizado no laboratório não corresponde exatamente a uma situação real do gesto esportivo. Apesar dessa limitação, ainda é considerado o padrão ouro para mensuração da força muscular<sup>185</sup>. Sua conveniência, confiabilidade e reprodutibilidade sustentam seu uso nas avaliações pré e pós-operatórias<sup>185,186</sup>.

É importante lembrar que os resultados podem ser influenciados pelo protocolo de aplicação do teste incluindo os modos de contração, velocidade angular, amplitude do movimento, número de repetições e correção da gravidade<sup>187-189</sup>.

### **2.5 Métodos avaliação subjetiva**

Existem inúmeros métodos pelos quais se pode avaliar os resultados da reconstrução do LCA. As medidas podem ser objetivas como a amplitude de

movimento, avaliação isocinética, grau de anteriorização da tibia (KT-1000) e posturografia ou subjetivas baseadas na opinião do próprio paciente sobre seus sintomas, função e retorno às atividades<sup>190</sup>.

Nos últimos 30 anos, muitas escalas foram criadas para se quantificar a melhora funcional pela perspectiva do paciente sobre o seu próprio tratamento. Os questionários de autopreenchimento são instrumentos práticos de avaliação dos resultados e, embora algumas escalas já tenham sido validadas<sup>191,192</sup>, um grande número ainda carece de estudos que comprovem sua confiabilidade, validade e responsividade<sup>193</sup>.

Em 2010, foi publicado um consenso internacional com 13 critérios para se avaliar a qualidade das escalas e instrumentos de avaliação existentes. Esse documento foi elaborado pelo grupo COSMIN (*Consensus based standards for the selection of health measurement Instruments*), que enfatizou a análise da confiabilidade, a avaliação dos erros de medida, a validade do conteúdo, a validade do desenho estrutural, a responsividade e a interpretabilidade dos estudos<sup>194</sup>.

**Letchford et al.**<sup>195</sup>, em 2015, realizam um estudo prospectivo com dados de 51 pacientes acompanhados por 1 ano no pós-operatório da reconstrução do LCA, em que comparam escalas funcionais segundo os 13 critérios do COSMIN. Os autores observam que a escala de Tegner e IKDC preenchem 11 dos 13 critérios do COSMIN, mostrando-se superiores às demais escalas avaliadas

(*Cincinnati Sports Activity Scale* e Marx), que preencheram somente 6 dos 13 critérios.

**Makhni et al.**<sup>190</sup>, em 2015, revisam 119 estudos clínicos em 4 revistas ortopédicas de alto impacto no período de 5 anos. Entre as escalas de avaliação subjetiva, as mais utilizadas na literatura são IKDC (71%), Lysholm (63%) e Tegner (42%).

### **2.5.1 Escala de atividade de Tegner**

Inicialmente a escala de atividade de Tegner foi desenvolvida para complementar a escala de Lysholm<sup>196</sup>, pois para os autores era importante medir não somente a função, mas também o grau de atividade. A nova escala se baseava no desempenho de atividades esportivas e laborais<sup>197</sup>. Ao observar diferenças nos processos de recuperação da função e do grau de atividade, os autores optaram por criar uma escala separada<sup>196</sup>. Posteriormente o uso da escala de Tegner se estendeu para outras articulações como o quadril e o tornozelo<sup>198</sup>.

A escala de atividade de Tegner<sup>197</sup> é uma escala numérica, em que cada valor de 0 a 10 representa um grupo específico de atividades. Os indivíduos participantes de esportes competitivos em nível profissional como futebol, futebol americano e rúgbi se enquadram no nível de atividade 10. Os indivíduos que praticam os mesmos esportes, porém em nível recreacional, pertencem ao nível

de atividade 6. Os indivíduos com licença por invalidez ou afastamento por patologias do joelho são considerados com nível de atividade 0<sup>199</sup>.

**Rodkey et al.**<sup>200</sup>, em 2008, publicam uma adaptação da escala de Tegner, descrevendo um índice calculado pela diferença entre os valores pré e pós-operatório dividido pela diferença entre os valores pré-lesão e pré-operatório. O quociente dessa divisão é multiplicado por 100 para se obter o percentual de perda de atividade mesmo após a intervenção. Essa medida normaliza o retorno a atividade entre diferentes populações e permite corrigir diferenças quanto ao sexo. Embora ainda não validado, o índice de Tegner pode fornecer uma análise adicional do nível de atividade do paciente<sup>199</sup>.

**Briggs et al.**<sup>199</sup>, em 2009, investigam os valores médios das escalas de Tegner e Lysholm em uma população de 448 indivíduos com idade média de 41 anos (mínimo 18 máximo 85), com a função do joelho normal e sem história de cirurgia ou lesão prévia nessa articulação. O valor médio da escala de Tegner foi de 5.7 (variação de 1 a 10) e inversamente proporcional a idade. Nos homens o valor médio foi de 6 e entre as mulheres a média foi de 5.4.

### **2.5.2 Lysholm**

A escala de Lysholm foi desenvolvida em 1982 com a intenção de avaliar a opinião do paciente sobre o seu próprio joelho quanto à função e a presença de sintomas de instabilidade<sup>201</sup>. Em 1985 a escala sofreu modificações para

incluir a avaliação de lesões meniscais e passou a incluir um item sobre bloqueio articular. Nessa mesma modificação foi retirada a parte do texto que fazia referência à atrofia da coxa<sup>196</sup>. A escala atual consiste em um questionário com 8 itens que incluem questões sobre claudicação, bloqueio articular, dor, capacidade de subir escadas, uso de apoio ao deambular, instabilidade, edema e agachamento<sup>197,201</sup>. O resultado final é expresso ordinalmente e nominalmente. Um resultado de 95 a 100 pontos é classificado como excelente, 84 a 94 como bom, 65 a 83 regular e abaixo de 64 como ruim.

É importante ressaltar que mesmo indivíduos saudáveis, sem lesões prévias do joelho podem não apresentar o valor máximo de pontuação na escala de Lysholm<sup>199,202</sup>. **Demirdjian et al.**<sup>202</sup>, em 1998, estudam um grupo de indivíduos saudáveis entre 13 e 35 anos de idade e observam uma pontuação média de 99 para os homens e 97 para as mulheres. **Briggs et al., em 2009**<sup>199</sup>, observam um valor médio de 94 para um grupo de 448 indivíduos saudáveis de 18 a 85 anos (média de 41 anos), sem correlação com a faixa etária e sem diferença significativa entre homens e mulheres.

### **2.5.3 IKDC subjetivo**

No ano de 1987, os membros da Sociedade Europeia de Traumatologia, Cirurgia do Joelho e Artroscopia se unem à Sociedade Americana Ortopédica para Medicina do Esporte e criam o *International Knee Documentation Committee* (IKDC). O primeiro documento foi produzido em 1991, sendo

modificado e publicado em 1993<sup>203</sup>. O objetivo dos criadores era desenvolver um sistema padronizado internacionalmente para documentar as condições do joelho.

O IKDC subjetivo foi desenvolvido em 1997 e sofreu pequenas modificações até sua publicação em 2001<sup>204</sup>. Trata-se de um questionário de avaliação sob a perspectiva do paciente a respeito de seus sintomas, função e prática esportiva<sup>205</sup>. A pontuação mínima de cada item é 0 e representa o pior grau de sintomatologia e função. A questão 10a, que faz menção ao estado prévio do joelho, não entra na soma total<sup>204</sup>. O valor final é calculado pela soma dos pontos de cada questão, dividido pela máxima pontuação possível e multiplicado por 100. A pontuação pode variar de 0 a 100, sendo que 100 significa ausência de limitação para atividades diárias e esportivas e ausência de sintomas. É uma ferramenta considerada específica do joelho, mas não específica de uma patologia<sup>205</sup>.

Diversos estudos<sup>205-208</sup> avaliam favoravelmente o IKDC em termos de validade, confiabilidade e responsividade para as patologias do joelho em adultos. O IKDC subjetivo é considerado difícil para o uso em crianças e por isso, em 2011, foi desenvolvido o Pedi-IKDC para indivíduos de 10 a 18 anos<sup>209</sup>.

**Metsavaht et al.**<sup>210</sup>, em 2010, publicam a tradução da escala de IKDC para o português do Brasil. Os autores comprovam a validade da tradução ao compará-la a outras escalas em 117 pacientes com patologias do joelho. A reprodutibilidade foi testada através de medidas de consistência interna,

confiabilidade e concordância em 85 pacientes que foram reavaliados. Devido às diferenças de hábitos e cultura entre o Brasil e os EUA, alguns ajustes foram necessários. Podemos citar como exemplo o esporte esqui, que foi modificado para o surfe. No entanto, ainda não foi provado se tais esportes são realmente equivalentes quanto ao risco de um possível trauma torsional do joelho<sup>192</sup>.

---

---

# ***MÉTODOS***

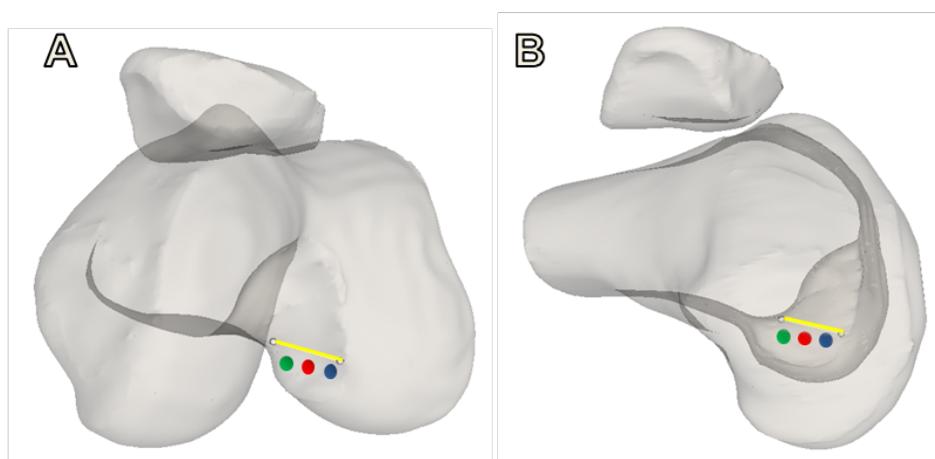
---

---

### 3 MÉTODOS

#### 3.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo clínico prospectivo, randomizado e paralelo, do tipo terapêutico. Pacientes com o diagnóstico de lesão do LCA que preencheram os critérios de seleção foram alocados após randomização em um dos dois grupos: AM ou C (Figura 1). Os grupos apresentaram como única diferença o local de posicionamento dos túneis, não houve diferenças quanto a outros tipos de intervenção. O grupo do paciente só foi informado ao cirurgião no momento do posicionamento dos túneis, enquanto os avaliadores independentes não tiveram acesso a essa informação. Os pacientes não foram informados em qual grupo estavam alocados. Não houve mudanças no desenho do estudo durante o curso do mesmo.



Fonte: Adaptado de Slicer Community, 2015.

**Figura 1** - Representação esquemática da posição anatômica dos feixes do LCA (AM – ponto esquerdo; PL – ponto direito) e a posição central entre os feixes (ponto central) na visão artroscópica (A) e perfil absoluto (B)

O protocolo de pesquisa foi registrado e aprovado no sítio [clinicaltrials.gov](http://clinicaltrials.gov), sob responsabilidade do National Institutes of Health dos EUA, sob o código de identificação NCT02074917 (Anexo A).

O desfecho primário foi determinado pela análise do equilíbrio sobre uma plataforma de força tendo como parâmetro principal o valor de oscilação médio do centro de pressão na posição de chute aos 6 meses. Os desfechos secundários foram analisados através dos demais parâmetros de posturografia, avaliação isocinética, pontuação na escala de atividade de Tegner, Lysholm e IKDC. Todos os desfechos foram analisados no período pré-operatório, 6 meses e 12 meses de pós-operatório, com exceção da escala de Tegner, que comparou o período antes da lesão com o período de 12 meses de pós operatório.

### **3.2 Aprovação na comissão de ética e termo de consentimento**

O 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 16 de agosto de 2013 como protocolo de pesquisa 0972/11 (Anexo B).

A todos os pacientes selecionados foi explicado por um dos médicos integrantes da pesquisa, do que se tratava o estudo e foi oferecida a opção de participação ou não. Todos os participantes ou seus responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), que explicava

detalhadamente em termos leigos os objetivos do trabalho. Foi assegurada a opção de abandonar a pesquisa, sem prejuízo à assistência médica (Anexo C).

### **3.3 População estudada**

Os indivíduos selecionados para o estudo foram pacientes do grupo de Medicina do Esporte do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP – IOT HC FMUSP – com sintomas de instabilidade ao exame físico e exame de ressonância magnética compatível com lesão do LCA, de ambos os sexos e idade entre 18 anos e 45 anos, esportistas com índice de Tegner  $\geq 5$ . No total, foram incluídos 46 pacientes com lesão do LCA, operados entre agosto de 2013 e outubro de 2014 que preencheram os critérios de inclusão.

Os pacientes foram avaliados no ambulatório de Medicina do Esporte do IOT-HCFMUSP. O pesquisador avaliou todos os casos quanto aos critérios de inclusão. Todas as cirurgias foram realizadas na mesma instituição e por dois cirurgiões do grupo de Medicina do Esporte. A reabilitação foi realizada na mesma instituição.

Definimos como esportista profissional o indivíduo que tem o esporte avaliado como principal atividade profissional. O esportista amador foi definido como o indivíduo que pratica o esporte avaliado em nível competitivo, porém não o considera sua principal atividade profissional. O esportista recreacional é o

indivíduo que pratica regularmente o esporte avaliado, porém sem participar regularmente de competições esportivas.

Para que houvesse uma padronização, definimos como esportista o indivíduo praticante de alguma modalidade esportiva que apresentasse o valor mínimo de 5 na escala de atividade de Tegner. Definimos como dominante o membro que o paciente utilizaria para chutar uma bola, mesmo que sua prática esportiva principal não fosse o futebol.

### **3.4 Cálculo da amostra**

O cálculo da amostra foi realizado a partir do estudo piloto com os 12 primeiros indivíduos submetidos à reconstrução anatômica do LCA na posição anteromedial ou central aos 6 meses de pós-operatório. Consideramos como desfecho primário o valor médio de oscilação do CP no plano mediolateral ( $X_{avg}$ ) na posição de chute, sendo que o apoio era mantido sobre o membro operado enquanto o membro contralateral simulava a posição de chute. O valor médio de  $X_{avg}$  no grupo submetido a reconstrução na posição central foi de 0,15cm, enquanto o grupo submetido a reconstrução na posição anteromedial apresentou um valor médio de -1,00cm para o parâmetro. A diferença das médias foi calculada em 1,15cm, enquanto o desvio padrão de toda a amostra foi 1,20cm. Por se tratar um estudo inédito ao comparar técnicas diferentes de reconstrução anatômica com o valor de um dos parâmetros de posturografia, ainda não existem dados da literatura que permitam estabelecer a diferença

mínima clinicamente relevante. Considerando um erro tipo I de 0,05 e poder do estudo de 90%, o valor calculado da amostra foi de 46 pacientes, sendo 23 indivíduos para cada grupo.

### **3.5 Randomização**

A randomização foi gerada por software ([www.randomization.com](http://www.randomization.com)) em blocos pares (2 e 4) com uma amostra de 46 indivíduos estratificados pelo lado de dominância e cirurgião principal.

Foram utilizados envelopes opacos sequenciais contendo a informação das listas de randomização de cada um dos 4 grupos de acordo com o cirurgião e dominância do membro: cirurgião 01 - membro dominante (C1D), cirurgião 01 - membro não dominante (C1ND), cirurgião 02 - membro dominante (C2D) e cirurgião 02 membro - não dominante (C2ND).

Na sala cirúrgica, com o cirurgião já definido pelo dia da semana, resgatávamos a informação da dominância do membro registrada no prontuário e o grupo de envelopes correspondente era disponibilizado para a abertura. O envelope era aberto por um colaborador não envolvido diretamente no estudo somente no momento em que seriam realizadas as perfurações dos túneis ósseos.

### **3.6 Cegamento**

Os pacientes não foram informados para qual grupo haviam sido alocados. A similaridade da cicatriz cirúrgica e do protocolo de reabilitação não permitiram que o paciente identificasse a técnica utilizada. Os avaliadores independentes, fisioterapeutas e técnicos do laboratório de movimento, não foram informados a qual grupo os pacientes pertenciam. A fisioterapeuta responsável pela coleta dos dados de posturografia e *hop test* não participou da reabilitação e também não foi informada sobre a alocação. A inserção dos dados coletados no sistema foi realizada por um dos colaboradores que não estava na cirurgia e também não tinha acesso à informação sobre a alocação dos pacientes.

### **3.7 Critérios de seleção**

#### **3.7.1 Critérios de inclusão**

- a. Presença de lesão do ligamento cruzado anterior com anamnese e exame físico compatíveis, confirmada por ressonância magnética;
- b. Idade mínima de 18 anos e máxima de 45 anos;
- c. Nível de atividade física classificado pela Escala de Tegner  $\geq 5$ ;
- d. Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido;

### **3.7.2 Critérios de exclusão**

- a. Outras lesões ligamentares detectadas previamente ou durante o ato cirúrgico;
- b. Relesão do LCA ou cirurgia prévia de reconstrução do LCA no joelho em questão;
- c. Lesões não tratadas no joelho oposto;
- d. Necessidade de correção cirúrgica do eixo mecânico;
- e. Estar gestante;
- f. Solicitação de desligamento do estudo pelo paciente a qualquer momento;
- g. Fratura não associada ao procedimento cirúrgico;
- h. Abandono do seguimento com menos de 3 meses de pós-operatório sem relação com complicações cirúrgicas;
- i. Não realizar o protocolo de reabilitação conforme orientado pelo Grupo de Medicina do Esporte.

### **3.7.3 Critérios de interrupção**

Uma análise preliminar das complicações, realizada por um investigador independente, foi prevista para quando a casuística atingisse 20 pacientes. Se qualquer um dos grupos apresentasse uma incidência superior à relatada na literatura de sintomas de instabilidade residual, rigidez articular, ruptura ligamentar, o estudo seria interrompido.

### **3.7.4 Critérios de encerramento**

O estudo seria encerrado caso os efeitos adversos descritos nos critérios de interrupção não pudessem ser resolvidos em tempo hábil para a manutenção do cronograma de pesquisa.

## **3.8 Intervenção cirúrgica**

### **3.8.1 Assepsia, antissepsia e antibioticoprofilaxia**

A antissepsia foi realizada com solução degermante de clorexidina, seguida de assepsia com solução alcoólica do mesmo produto. A antibioticoprofilaxia foi realizada com cefazolina 1 g a cada 8h, por um período de 24 horas, sendo a primeira dose ministrada 30 minutos antes do início da cirurgia.

### **3.8.2 Anestesia**

Os pacientes foram operados sob sedação e anestesia raquidiana.

### **3.8.3 Posicionamento**

Os pacientes foram posicionados em decúbito dorsal horizontal, com um garrote pneumático na região proximal da coxa do membro a ser operado, regulado em 350mmHg.

### **3.8.4 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*. Após o exame físico, o retorno venoso do membro foi promovido através da compressão com faixa elástica ou elevação e o garrote pneumático era insuflado.

Nos casos em que o exame físico revelou alguma dúvida quanto à instabilidade do joelho, foi 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 sob inspeção artroscópica, foi realizada a retirada do enxerto dos tendões grácil e semitendíneo através de uma incisão longitudinal de 3 a 4 cm na região anteromedial da tíbia, que posteriormente também foi utilizada para a perfuração

do túnel tibial. Os enxertos eram então preparados na configuração quádrupla para a reconstrução anatômica do LCA com banda simples.

Realizava-se o desbridamento artroscópico, identificação e tratamento de lesões associadas. Todos os casos de lesões instáveis do menisco foram submetidos à menisectomia parcial. Lesões condrais instáveis foram desbridadas. Não foi necessária a realização de procedimento de microfraturas em nenhuma das lesões.

Os cotos ligamentares do LCA na tibia e na parede medial do côndilo femoral lateral foram identificados e desbridados com o cuidado de se preservar a área de impressão ligamentar na origem femoral e inserção tibial. A visualização da parede medial do côndilo femoral foi realizada pelo portal lateral. Nos casos em que houve dificuldade de visualização, realizou-se um portal anteromedial acessório e a óptica foi posicionada no portal anteromedial. Não foi necessária a realização de intercondiloplastia em nenhum dos casos.

Os envelopes contendo a informação do grupo de cada paciente foram abertos por uma auxiliar. Em todos os casos foi possível visualizar as fibras residuais do LCA na parede medial do côndilo lateral do fêmur e na superfície da tibia e esse foi o principal parâmetro para o posicionamento dos túneis. Utilizamos a crista intercondilar lateral e a crista bifurcada quando presentes, apenas para auxiliar o posicionamento. Na nossa experiência a crista lateral foi facilmente visualizada em todos os casos.

Foi realizado o desbridamento de partes moles da parede medial do côndilo lateral de maneira a permitir a identificação da crista intercondilar lateral e do limite posterior do fêmur, mantendo algumas fibras residuais na impressão do LCA que permitiram o posicionamento correto do túnel. O fio guia do túnel femoral foi posicionado através do portal anteromedial ou anteromedial acessório na região anteromedial ou central da impressão das fibras residuais do LCA com o joelho fletido inicialmente a 90 graus. Após a confirmação da posição, a flexão do joelho progrediu até 120 graus mantendo o fio guia no ponto escolhido inicialmente e perfurando o fêmur pela técnica inside out até ultrapassar a cortical lateral e pele com o cuidado de medir o comprimento total do túnel. O túnel femoral foi então perfurado no diâmetro da broca determinado pela espessura do enxerto mantendo pelo menos 0,5 cm da cortical lateral para a fixação do enxerto.

O guia tibial foi ajustado a 55 graus e posicionado na área de inserção do LCA previamente marcada na posição anteromedial ou central de sua impressão na tíbia com o joelho fletido a 90°. Praticamente não foi necessário o uso de parâmetros auxiliares de posicionamento, mas observamos a borda posterior do menisco lateral como uma referência adicional do centro da área de impressão do LCA na tíbia. A incisão para a retirada do enxerto tendíneos também foi utilizada para o posicionamento do fio guia e broca. Após a perfuração óssea da tíbia pelo fio guia, o túnel tibial foi realizado anteriormente ao ligamento colateral medial no tamanho determinado pelo diâmetro do enxerto.

A fixação femoral do enxerto foi realizada por mecanismo de suspensão (*endobotton*). O joelho era mobilizado em toda sua amplitude de movimento para descartar a ocorrência de impacto do enxerto na região anterior do intercôndilo.

A fixação final do enxerto com parafuso de interferência na tíbia foi realizada com o joelho fletido a 10°, 15° de rotação externa da perna e mantendo pressão sobre a tíbia proximal para posterioriza-la.

### **3.8.5 Seguimento pós-operatório**

Após o procedimento, os pacientes foram mantidos com imobilizador para o joelho operado. Utilizamos um esquema padronizado de analgesia endovenosa durante a internação, constituído por Cetoprofeno 100 mg a cada 12 horas, Dipirona 1000 mg a cada 6 horas e Tramadol 100 mg a cada 8 horas. Os pacientes eram mantidos internados por no mínimo 24 horas. Após esse período, a alta hospitalar dependeria das condições clínicas.

Todos os atletas receberam a mesma orientação de reabilitação conforme protocolo do grupo de Medicina do Esporte do IOT HC-FMUSP (Anexo D). Não houve diferença de tratamento entre atletas profissionais, amadores ou recreacionais. As sessões de fisioterapia foram realizadas pelo menos três vezes por semana.

A fase de reabilitação teve início durante a internação, com exercícios para recuperação da amplitude de movimento articular e contração isométrica do quadríceps. A marcha foi permitida com auxílio de muletas e carga parcial progressiva no membro operado durante as três primeiras semanas. Os pacientes retornaram ao ambulatório na primeira e segunda semanas para avaliar o aspecto do curativo, a presença de derrame articular e sinais flogísticos. Os pacientes foram estimulados a realizar exercícios isométricos e atingir a extensão máxima do joelho desde o início do tratamento. O objetivo foi alcançar pelo menos 90° de flexão do joelho até o décimo quinto dia de pós-operatório.

Após a 2ª semana, os retornos foram mensais. Exercícios de propriocepção em plataforma instável foram recomendados após o terceiro mês de pós-operatório. Aos três meses, os atletas iniciaram o uso da bicicleta ergométrica com carga e aos quatro meses iniciaram corrida em linha reta na esteira.

A partir do sexto mês, os atletas foram autorizados a realizar movimentos relacionados ao esporte sem contato físico e com bola. Exercícios envolvendo mudanças bruscas de direção foram realizados sob supervisão do fisioterapeuta, conforme a confiança e segurança de cada indivíduo.

Os pacientes foram liberados para o treino coletivo conforme os objetivos de fortalecimento muscular, propriocepção e agilidade tenham sido alcançados.

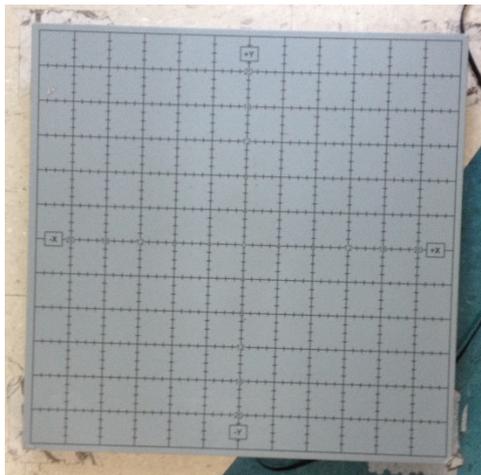
### **3.9 Variáveis analisadas**

#### **3.9.1 Métodos de avaliação objetiva**

##### **3.9.1.1 Posturografia**

A posturografia é a análise do equilíbrio determinada pelas oscilações do centro de pressão de cada indivíduo sobre uma plataforma de força. Utilizamos o modelo AccuSwayPlus, marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI, Watertown, Massachusetts (Figura 2). O dispositivo foi posicionado em um local previamente demarcado no piso do laboratório de estudos do movimento. Os sinais captados durante as avaliações foram amplificados e em seguida convertidos de analógicos para digitais através de um conversor A/D e registrados em um computador, o qual continha um Software que gerenciava a aquisição dos dados. A plataforma foi ligada 30 minutos antes do início da coleta dos dados para ajuste dos parâmetros de amplificação, frequência e captação dos sinais.

Para aquisição dos dados foi utilizado o software Balance Clinic, configurado a uma frequência de 100 Hz com um filtro passa-baixa de quarta ordem Butterworth, com uma frequência de corte de 10 Hz.



**Figura 2** - Plataforma de força

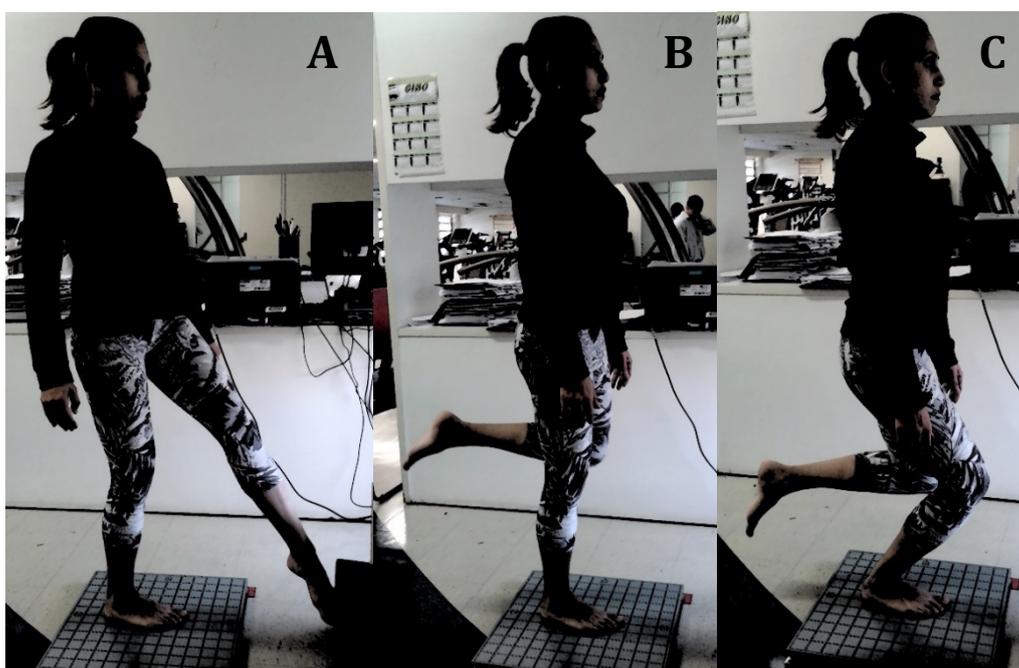
#### **3.9.1.1.1 Posicionamento na plataforma de força**

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. Foram realizadas marcações do posicionamento dos pés em uma folha de papel sobre o centro da plataforma. Foram marcadas as projeções de 4 pontos em cada um dos pés nos seguintes parâmetros: 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 monopodálico sobre a plataforma, mantendo uma posição confortável na marcação da folha de papel, como descrito anteriormente. Os braços foram mantidos ao longo do corpo e

olhar fixo em um ponto fixo a 1 metro de distância à frente e 10 cm abaixo de sua estatura.

Os testes se iniciaram 5 segundos após o voluntário estar devidamente posicionado para eliminar as oscilações iniciais. Foram realizados três testes para cada membro em cada uma das posições na seguinte ordem: chute (Figura 3A), apoio monopodálico simples (Figura 3B) e flexão (Figura 3C).



**Figura 3** – Posturografia - A: chute; B: apoio monopodálico simples; C: flexão

O valor calculado para cada uma das posições foi a média aritmética dos três testes e expresso em centímetros. Descartamos os testes em que o indivíduo se apoiou no membro contralateral ou apresentou um desequilíbrio importante do tronco e permitimos até 3 tentativas por teste anulado. Após cada

teste, os dados foram salvos e a plataforma foi novamente zerada para o teste seguinte.

O teste de chute (Figura 3A) foi realizado em apoio monopodálico associado ao gesto esportivo de chute com o membro contralateral. Mantendo um dos pés sobre a plataforma, o movimento de chute foi realizado com membro contralateral direcionando a borda lateral do antepé para um alvo pré-estabelecido (caixa revestida com espuma). Os movimentos foram repetidos ininterruptamente por 10 segundos com a velocidade de acordo com a estratégia de cada indivíduo e intervalo de 60 segundos entre os testes.

Na posição de apoio monopodálico simples (Figura 3B), o voluntário foi instruído a manter-se em com um dos membros sobre o desenho na folha de papel e o joelho contralateral fletido a 90° com o quadril em posição neutra e os membros superiores pendentes ao lado do corpo com o olhar fixo em um ponto a 1 metro de distância anteriormente e 10 cm abaixo da estatura do paciente. Cada tentativa teve duração de 30 segundos, com intervalo de 60 segundos.

O teste de flexão de joelho (Figura 3C) consistiu em uma série de movimentos de flexão e extensão ininterruptas do joelho durante 10 segundos. O movimento foi realizado no membro apoiado ao solo, enquanto o membro contralateral permanecia suspenso como descrito no teste anterior. A orientação é que a flexão do joelho atingisse o limite máximo permitido pela dorsiflexão do tornozelo, mantendo a postura ereta e o apoio plantar sobre plataforma, na maior

velocidade possível. Foram realizadas 3 séries de repetições com intervalos de 60 segundos entre os testes.

#### **3.9.1.1.2 Análise dos dados da plataforma de força**

As tentativas realizadas em cada condição foram processadas automaticamente pelo Software de análise Balance Clinic®. As variáveis utilizadas foram as seguintes:

- Oscilação média do CP no plano mediolateral ( $X_{avg}$ );
- Maior valor de oscilação do CP no plano mediolateral ( $X_{max}$ );
- Menor valor de oscilação do CP no plano mediolateral ( $X_{min}$ );
- Oscilação média do CP no plano anteroposterior ( $Y_{avg}$ );
- Maior valor de oscilação do CP no plano anteroposterior ( $Y_{max}$ );
- Menor valor de oscilação do CP no plano anteroposterior ( $Y_{min}$ );

#### **3.9.1.2 Hop test**

A modalidade escolhida foi o *single-leg hop for distance*<sup>211</sup>. Não foi realizado nenhum aquecimento prévio e o paciente foi orientado a utilizar um tênis confortável com boa aderência e sistema de amortecimento. O indivíduo inicialmente se apoiou sobre um dos membros permanecendo com o hálux atrás da marcação no chão. Os membros superiores eram então posicionados atrás

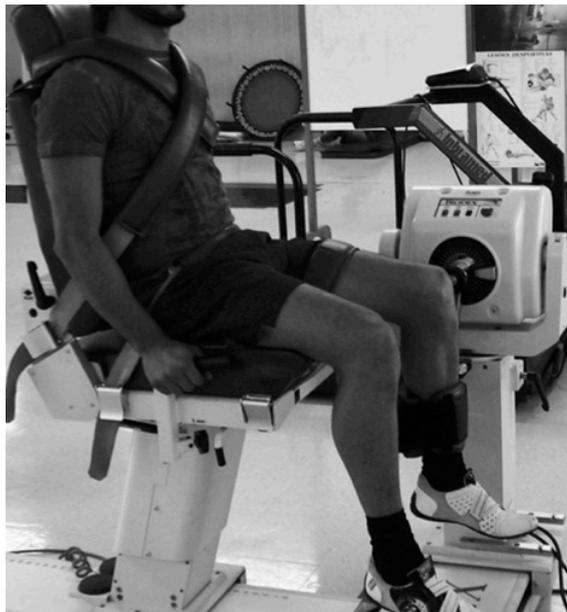
do corpo com dorso de uma das mãos repousando sobre a região palmar da outra mão (Figura 4). O indivíduo foi então instruído a saltar a maior distância possível, aterrissando sobre o mesmo membro de apoio e mantendo os membros superiores atrás do corpo. O teste foi iniciado pelo lado direito e então alternava-se os lados até que cada membro tivesse realizado pelo menos três saltos. O intervalo entre cada salto não deveria ultrapassar 30 segundos. A posição de aterrissagem deveria ser mantida pelo menos durante dois segundos para que o salto fosse considerado válido. O salto era anulado se o membro contralateral tocasse o chão, houvesse perda do equilíbrio ou se a posição dos membros superiores fosse alterada. A distância mensurada foi a medida da extremidade distal do hálux no ponto de aterrissagem até o limite da marcação com uma fita métrica calibrada presa ao solo.



**Figura 4 –** Single leg hop for distance

### **3.9.1.3 Avaliação isocinética**

O teste isocinético foi realizado no aparelho Biodex System 3 Pro (Biodex Medical Systems, Inc. NY, EUA), no Laboratório de Medicina do Esporte do IOT. O paciente realizou um aquecimento de cinco minutos em bicicleta ergométrica, seguido de alongamento. O tórax e pelve do paciente foram estabilizados com cintos, as coxas foram apoiadas em um assento almofadado e os tornozelos foram envolvidos pelo suporte almofadado imediatamente acima dos maléolos. Foi permitido segurar as barras laterais durante a realização do teste (Figura 5). Os pacientes foram estimulados verbalmente a realizar o esforço máximo durante as repetições. Foram realizados testes para avaliação da musculatura extensora e flexora do joelho na velocidade angular de 60°/s. Três repetições iniciais foram realizadas com o membro não lesionado somente para aprendizado. O teste foi iniciado a 60°/s, com quatro repetições sucessivas com o membro não lesionado, e a seguir com o membro lesionada. O parâmetro avaliado foi o deficit do pico de torque a 60°/s. O teste foi realizado no prazo máximo de 10 dias antes do procedimento cirúrgico e repetido aos 6 e 12 meses para acompanhar a evolução do pós-operatório.



**Figura 5 –** Avaliação isocinética do joelho esquerdo

### **3.9.2 Métodos de avaliação subjetiva**

#### **3.9.2.1 Escala de atividade física de Tegner**

Como a escala estava em inglês (Anexo E), o preenchimento foi realizado por um dos colaboradores baseando-se na resposta do paciente quanto à sua atividade física antes de ocorrer a lesão do LCA. Ao completar 12 meses de pós-operatório, o paciente era questionado novamente quanto ao seu desempenho e retorno à prática esportiva anterior. Ao contrário das demais avaliações, não foram computados os resultados da escala aos 6 meses, pois nesse período o retorno ao esporte tem relação direta com a liberação médica e não necessariamente com a capacidade funcional do indivíduo.

### **3.9.2.2 Lysholm**

O questionário de Lysholm (Anexo F) foi aplicado dentro do intervalo de tempo antecedendo de 1 a 10 dias o procedimento cirúrgico e repetido com 6 e 12 meses no pós-operatório. O paciente foi orientado a não deixar nenhuma questão sem resposta, preencher o questionário sem a ajuda de terceiros e entregá-lo no mesmo dia. Um dos colaboradores ficou encarregado de checar na entrega do questionário se o paciente não havia esquecido de responder alguma das questões. O cálculo da pontuação era feito por um dos colaboradores e inserida no banco de dados.

### **3.9.2.3 IKDC subjetivo**

O questionário de IKDC subjetivo (Anexo G) foi aplicado dentro do intervalo de tempo antecedendo de 1 a 10 dias o procedimento cirúrgico e repetido com 6 e 12 meses no pós-operatório. O paciente foi orientado a não deixar nenhuma questão sem resposta, preencher o questionário sem a ajuda de terceiros e entregá-lo no mesmo dia. Um dos colaboradores ficou encarregado de checar na entrega do questionário se o paciente não havia esquecido de responder alguma das questões. O cálculo da pontuação era feito por um dos colaboradores e inserida no banco de dados.

### **3.9.3 Complicações**

Eram coletados os dados referentes a possíveis complicações: infecção pós-operatória, rigidez, nova lesão ligamentar, síndrome complexa de dor regional e lesão neurológica.

### **3.10 Análise estatística**

Os dados foram armazenados e organizados em uma planilha do *Excel for MAC*. Posteriormente os dados foram importados para o software *SPSS 23.0 for MAC*, para análise estatística dos resultados. Os dados categóricos foram descritos pelo seu número absoluto de ocorrência e sua respectiva proporção. Para estatística inferencial foi utilizado o Teste de qui-quadrado e, quando necessário o teste de Fischer. Os dados contínuos foram descritos pela média e seu respectivo desvio padrão, além dos Intervalos de Confiança. Todos os dados foram testados quanto à sua distribuição e quando demonstraram distribuição normal, testes paramétricos foram utilizados para comparar os grupos (teste t de student e ANOVA). Quando o teste de Kolmogorov-Smirnov não demonstrou distribuição normal, testes não paramétricos foram utilizados (Teste de Mann-Whitney e teste de Kruskal Wallis). Foi aceito como erro do tipo I, para diferenças estatisticamente significante, um valor de  $p < 0,05$ .

---

---

# ***RESULTADOS***

---

---

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Fluxo dos participantes**

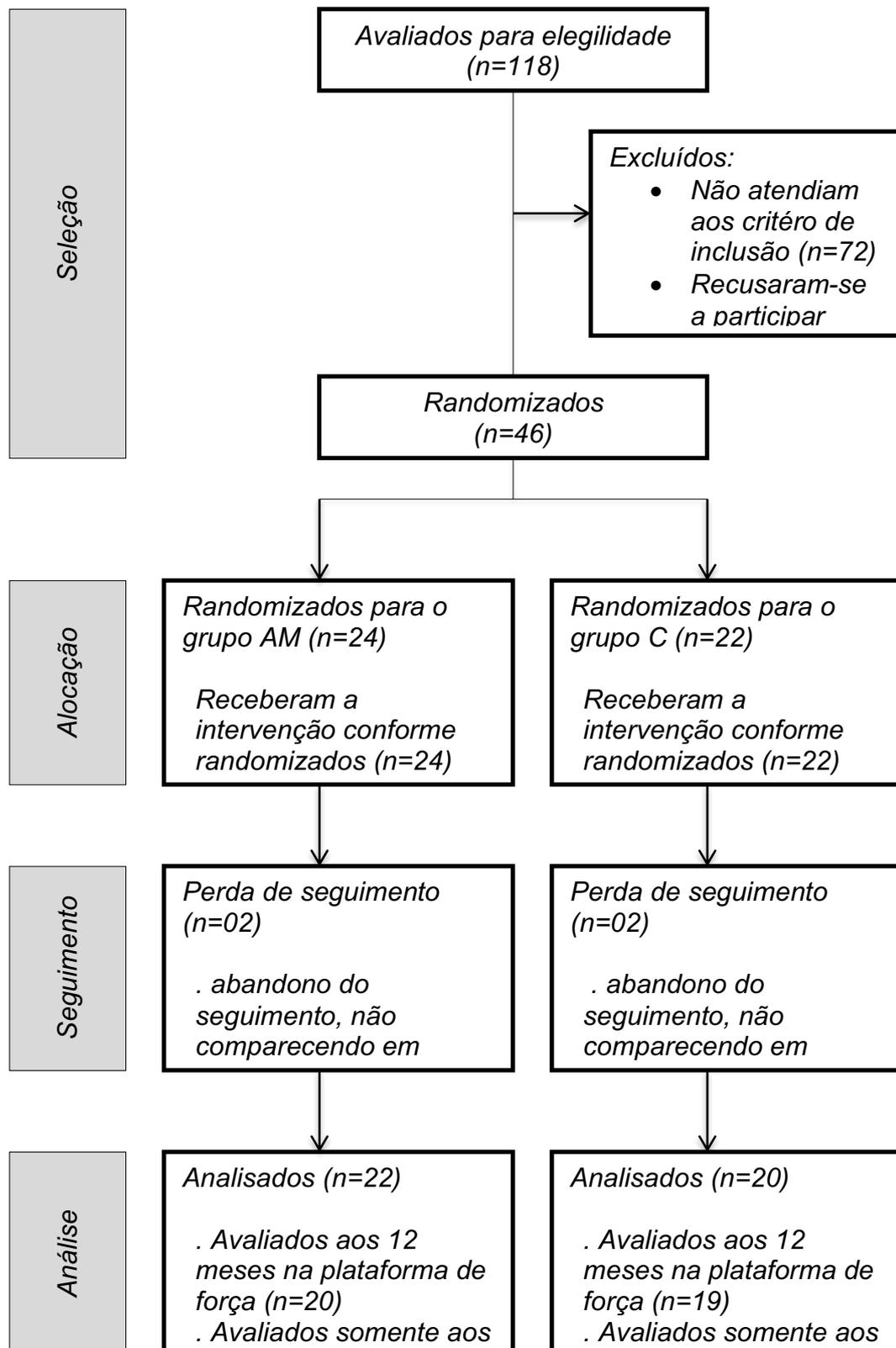
No ambulatório de Medicina do Esporte do IOT-HCFMUSP, indicou-se o tratamento cirúrgico artroscópico para 118 pacientes devido à lesão do ligamento cruzado anterior, no período de novembro de 2013 a novembro de 2014. Dos 118 pacientes, 72 não atendiam aos critérios de inclusão. Assim, selecionou-se para a pesquisa 46 pacientes, 24 no Grupo AM e 22 no Grupo C.

Nenhum paciente foi excluído no ato cirúrgico. Dessa maneira, 46 pacientes receberam a intervenção. Quatro pacientes foram excluídos durante o seguimento, sendo dois pacientes do grupo AM e dois pacientes do grupo C. O motivo da exclusão de todos os pacientes foi o abandono do seguimento, pois não compareceram em nenhuma das reavaliações.

Dois pacientes no grupo AM não realizaram a avaliação em plataforma de força aos 12 meses, pois um dos pacientes faltou e o outro paciente não pôde ser reavaliado, pois a plataforma de força estava em manutenção. Um paciente no Grupo C não realizou a avaliação em plataforma de força aos 12 meses pelo mesmo motivo. Esses pacientes foram incluídos na análise final, sendo utilizado o método de imputação de dados de “última observação levada a termo”.

Foram objeto de análise 42 pacientes, 22 pacientes no grupo AM e 20 pacientes no grupo C. O diagrama de fluxo da pesquisa, de acordo com a

recomendação do Consolidated Standards of Reporting Trials 2010, é apresentado na Figura 6.



**Figura 6** - Diagrama de fluxo detalhando as etapas da pesquisa, de acordo com o Consolidated Standards of Reporting Trials

## 4.2 Dados gerais

A idade dos pacientes do grupo AM variou entre 18 e 35 anos, com média e desvio padrão de  $23,7 \pm 3,5$  anos, enquanto no grupo C variou entre 18 e 34 anos, com média e desvio padrão de  $24,1 \pm 3,2$  anos. A análise estatística não demonstrou diferença entre os grupos com relação à idade ( $p=0,99$ ).

**Tabela 1** - Estatística descritiva do parâmetro idade nos dois grupos e na casuística total (em anos)

Idade	Grupo AM (n=22)	Grupo C (n=20)	Total (n=42)
Média	23,7	24,1	23,9
Desvio padrão	3,5	3,2	4
Mediana	23	24	23
Mínimo	18	18	18
Máximo	35	34	35

Quanto ao gênero, houve predomínio do sexo masculino, sendo que o grupo AM apresentou uma casuística com 77% dos indivíduos do sexo masculino, enquanto o grupo C apresentou um percentual de 80%. A prática esportiva predominante na nossa casuística foi o futebol, encontramos percentuais de 54,5% dos pacientes do grupo AM e 60% no grupo C. Na análise da categoria do esporte praticado, observamos que 50% dos pacientes do grupo AM e 40% dos pacientes do grupo C foram classificados como jogadores profissionais. Observamos que os grupos são semelhantes ao comparamos às variáveis intrínseca (Tabela 2).

**Tabela 2 -** Distribuição das frequências absoluta e relativa das variáveis intrínsecas ao paciente

	Grupo AM (n=22)	Grupo C (n=20)
Gênero, n (%)		
Masculino	17 (77,3%)	16 (80%)
Feminino	5 (22,7%)	4 (20%)
Esporte, n (%)		
Futebol	12 (54,5%)	12 (60%)
Lutas	5 (22,7%)	3 (15%)
Rugbi	1 (4,5%)	1 (5%)
Basquete	1 (4,5%)	1 (5%)
Outros	3 (13,6%)	3 (15%)
Categoria, n (%)		
Profissional	11 (50%)	8 (40%)
Recreacional	6 (27,3%)	2 (10%)
Amador	5 (22,7%)	10 (50%)

n: número de pacientes; p: nível de significância

Em ambos os grupos, houve predomínio do acometimento do joelho esquerdo (Grupo AM: 59%, Grupo C: 55%) e do membro não dominante (Grupo AM: 54,2%, Grupo C: 55%). Foi necessário utilizar um portal anteromedial acessório para o posicionamento do túnel femoral em 54,5% dos casos no grupo AM e em 50% dos casos do grupo C. Quanto a presença de lesões associadas, no grupo AM observamos que 63,6% dos casos apresentaram lesão meniscal e em 36,4% dos casos foram encontradas lesão condral. No grupo C, observamos lesão meniscal em 60% dos casos e lesão condral em 30% dos casos. Os grupos não apresentaram diferença estatística quanto ao lado acometido, dominância, portal utilizado para posicionamento do túnel, presença de lesão meniscal ou condral (Tabela 3).

**Tabela 3** - Distribuição das frequências absoluta e relativa das variáveis relacionadas à lesão

	Grupo AM (n=22)	Grupo C (n=20)	p
Lado acometido, n (%)			
Direito	9 (51%)	9 (45%)	0,789
Esquerdo	13 (59%)	11 (55%)	
Dominância, n (%)			
dominante	10 (45,4%)	9 (45%)	0,537
não dominante	12 (54,5%)	11 (55%)	
Portal utilizado, n (%)			
Anteromedial	10 (45,4%)	10 (50%)	0,768
Acessório	12 (54,5%)	10 (50%)	
Lesão meniscal, n (%)			
Sim	14 (63,6%)	12 (60%)	0,808
Não	8 (36,4%)	8 (40%)	
Lesão condral, n (%)			
Sim	8 (36,4%)	6 (30%)	0,241
Não	14 (63,6%)	14 (70%)	

n: número de pacientes; p: nível de significância

### 4.3 Desfechos

#### 4.3.1 Desfechos da avaliação objetiva

##### 4.3.1.1 Posturografia

Na comparação entre os grupos AM e C na posição de chute com apoio monopodálico sobre o membro operado, observamos uma diferença significativa

**Resultados**

---

do Xavg aos 6 meses de pós-operatório ( $p=0,03$ ), sendo que o grupo C apresentou menor oscilação média do CP no plano mediolateral. A diferença encontrada entre as médias foi de 0,44cm (IC 95% = 0,21 a 0,97). Na análise temporal não observamos diferenças significantes ao longo do tempo para ambos os grupos.

A análise estatística dos demais parâmetros na posição de chute aos 6 e 12 meses não demonstrou alterações significantes.

**Tabela 4 -** Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico sobre o membro operado na posição de chute

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	média	DP	n	média	DP	
<b>Xavg</b>							
Pré-operatório	22	-0,95	0,32	20	-0,91	0,22	0,94
<b>6 meses</b>	<b>19</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,18</b>	<b>18</b>	<b>-0,43</b>	<b>0,15</b>	<b>0,03</b>
12 meses	20	-0,09	0,25	19	-0,41	0,26	0,43
<b>Xmax</b>							
Pré-operatório	22	1,85	0,47	20	1,81	0,62	0,82
6 meses	19	1,85	0,46	18	1,86	0,40	0,94
12 meses	20	1,94	0,48	19	1,84	0,34	0,49
<b>Xmin</b>							
Pré-operatório	22	1,81	0,43	20	-1,90	0,68	0,99
6 meses	19	-1,82	0,39	18	-1,88	0,28	0,88
12 meses	20	-1,78	0,37	19	-1,80	0,34	0,07
<b>Yavg</b>							
Pré-operatório	22	-0,85	3,01	20	-0,85	1,90	0,99
6 meses	19	-0,30	0,52	18	-0,62	0,74	0,92
12 meses	20	-1,23	1,23	19	-0,64	1,83	0,16
<b>Ymax</b>							
Pré-operatório	22	3,94	1,39	20	4,01	1,37	0,70
6 meses	19	3,42	0,87	18	3,95	1,06	0,28
12 meses	20	3,53	0,93	19	3,82	1,07	0,79
<b>Ymin</b>							
Pré-operatório	22	-3,54	1,09	20	-3,77	1,27	0,99
6 meses	19	-3,47	0,92	18	-3,66	0,87	0,92
12 meses	20	-3,40	1,17	19	-3,62	1,13	0,78

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância

Na avaliação da posição de apoio monopodálico simples sobre o membro operado na plataforma de força, a comparação dos grupos AM e C mostra uma diferença de 0,23cm na média dos valores do Xmax aos 12 meses e IC 95% variando de 0,16 a 0,58. Esta foi a única variável estatisticamente significativa

( $p=0,03$ ) e é decorrente da menor oscilação máxima mediolateral do grupo C em relação ao grupo AM. Na análise temporal não observamos diferenças significantes ao longo do tempo para ambos os grupos. Os resultados são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5** - Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico simples sobre o membro operado

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	média	DP	n	média	DP	
<b>Xavg</b>							
Pré-operatório	22	-0,32	1,40	20	-0,60	0,56	0,45
6 meses	19	0,48	1,32	18	0,65	1,04	0,43
12 meses	20	-0,04	1,07	19	-0,39	1,04	0,68
<b>Xmax</b>							
Pré-operatório	22	1,55	0,47	20	1,37	0,35	0,29
6 meses	19	-0,42	1,30	18	-0,13	1,33	0,78
<b>12 meses</b>	<b>20</b>	<b>1,28</b>	<b>0,31</b>	<b>19</b>	<b>1,05</b>	<b>0,18</b>	<b>0,04</b>
<b>Xmin</b>							
Pré-operatório	22	-1,47	0,35	20	-1,40	0,45	0,46
6 meses	19	-0,08	0,87	18	-0,35	0,94	0,26
12 meses	20	-1,27	0,31	19	-1,26	0,22	0,11
<b>Yavg</b>							
Pré-operatório	22	-1,97	2,37	20	-2,49	1,75	0,21
6 meses	19	-0,46	1,91	18	-0,53	2,67	0,61
12 meses	20	-2,04	2,07	19	-1,69	1,38	0,55
<b>Ymax</b>							
Pré-operatório	22	2,00	0,73	20	1,81	0,52	0,83
6 meses	19	-0,61	1,81	18	-0,22	1,73	0,41
12 meses	20	1,92	0,95	19	1,64	0,35	0,92
<b>Ymin</b>							
Pré-operatório	22	-2,03	0,74	20	-1,83	0,58	0,27
6 meses	19	-0,13	1,28	18	-0,45	1,23	0,68
12 meses	20	-1,76	0,56	19	-1,78	0,33	1,00

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância

Na avaliação do apoio monopodálico sobre o membro operado na posição de flexão do joelho, a diferença entre as médias para o parâmetro Xavg aos 6 meses foi de 0,72 (IC 95% = 0,42 a 1,02). Esse foi a única variável na posição de flexão do joelho que se mostrou estatisticamente significativa ( $p=0,04$ ), indicando que o grupo C apresentou menor oscilação do CP. Os resultados são apresentados na tabela 6.

**Tabela 6** - Resultados da avaliação dos parâmetros de posturografia no apoio monopodálico sobre o membro operado na posição de flexão do joelho

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	média	DP	n	média	DP	
<b>Xavg</b>							
Pré-operatório	22	-0,56	0,69	20	0,09	1,30	0,60
6 meses	19	-1,03	1,18	18	-0,31	1,35	<b>0,04</b>
12 meses	20	-0,08	1,13	19	-0,03	1,01	0,66
<b>Xmax</b>							
Pré-operatório	22	1,77	0,32	20	1,67	0,51	0,99
6 meses	19	1,56	0,60	18	1,69	0,32	0,18
12 meses	20	1,65	0,33	19	1,62	0,22	0,93
<b>Xmin</b>							
Pré-operatório	22	-1,97	0,54	20	-1,69	0,54	0,62
6 meses	19	-1,56	0,54	18	-1,72	0,30	0,15
12 meses	20	-1,64	0,27	19	-1,56	0,23	0,43
<b>Yavg</b>							
Pré-operatório	22	-0,58	2,71	20	-1,12	2,17	0,65
6 meses	19	-0,80	-0,88	18	-0,78	1,98	0,67
12 meses	20	-0,93	1,44	19	-0,52	2,04	0,12
<b>Ymax</b>							
Pré-operatório	22	3,76	0,96	20	3,29	0,91	0,13
6 meses	19	3,07	1,01	18	3,16	0,47	0,70
12 meses	20	3,64	0,82	19	3,46	0,52	0,65
<b>Ymin</b>							
Pré-operatório	22	-4,17	1,26	20	-3,28	1,06	0,18
6 meses	19	-3,27	0,96	18	-3,57	0,77	0,39
12 meses	20	-3,55	0,82	19	-3,45	0,83	0,87

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância

### 4.3.1.2 Hop Test

A média da distância saltada no hop test com o membro operado aos 6 meses foi de  $116,61 \pm 33,89$  cm para o grupo AM e  $132,89 \pm 32,7$  cm para o grupo C, a análise estatística não demonstrou diferença entre os grupos ( $p=0,152$ ). Aos 12 meses, a média de distância saltada também foi semelhantes entre os grupos ( $p=0,386$ ):  $137,21 \pm 35,2$ cm e  $147 \pm 27,83$ cm respectivamente para os grupos AM e C.

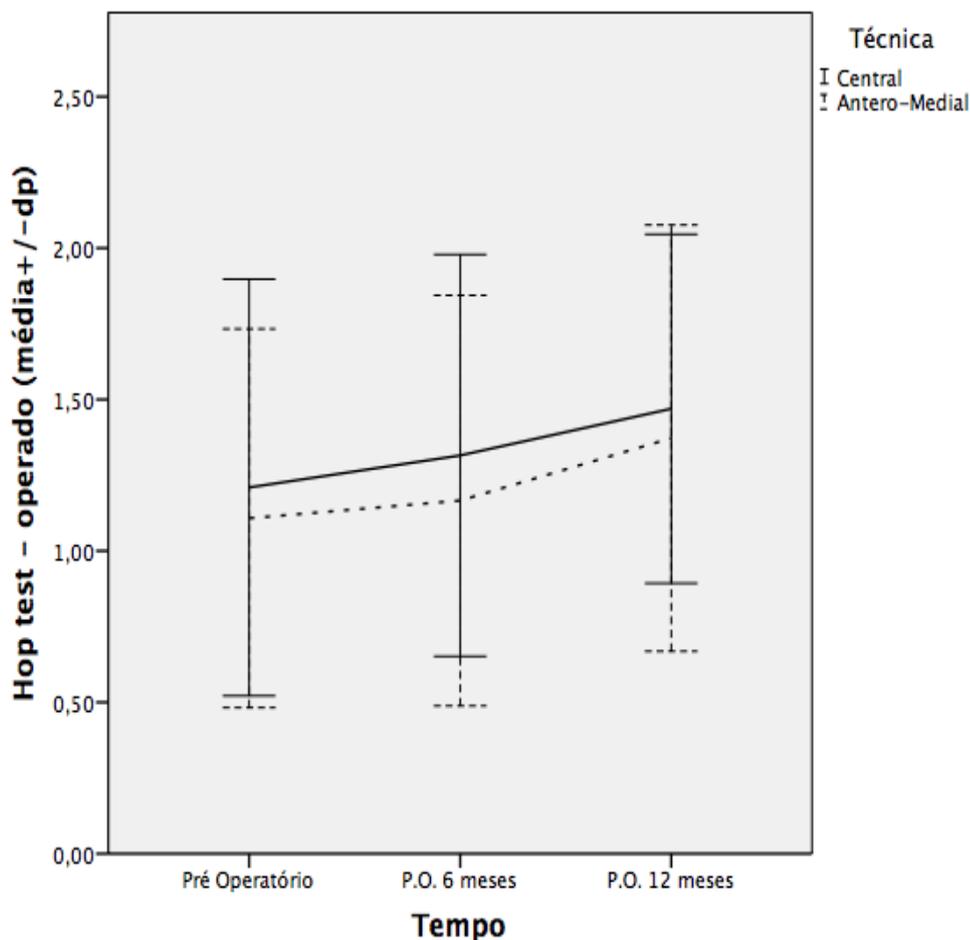
A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora progressiva dos resultados ao longo do seguimento, com exceção do período entre o pré-operatório e 6 meses de pós-operatório do grupo anteromedial.

Os resultados são apresentados na tabela 7 e gráfico 1.

**Tabela 7 -** Resultados da avaliação clínica de acordo com o valor absoluto na escala de hop test ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média (cm)	DP	n	Média (cm)	DP	
Pré-operatório	22	123,17	31,27	20	110,77	34,68	0,242
6 meses	19	116,61	33,89	18	132,89	32,7	0,152
12 meses	20	137,24	35,2	19	147	27,83	0,386

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância



**Gráfico 1** - Resultados da avaliação clínica de acordo com o valor absoluto na escala de hop test ao longo do seguimento

O índice de simetria do membro no hop test (razão da distância saltada com o membro operado sobre a distância saltada com o membro contralateral multiplicado por 100) apresentou melhores resultados no grupo C quando comparados ao grupo AM. A diferença entre as médias foi de 9% aos 6 meses ( $p=0,02$ , IC 95% 5,1 a 12,8) e 8% aos 12 meses ( $p=0,03$ , IC 95% 3,6 a 11,2).

A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora progressiva dos resultados ao longo do seguimento, com exceção do

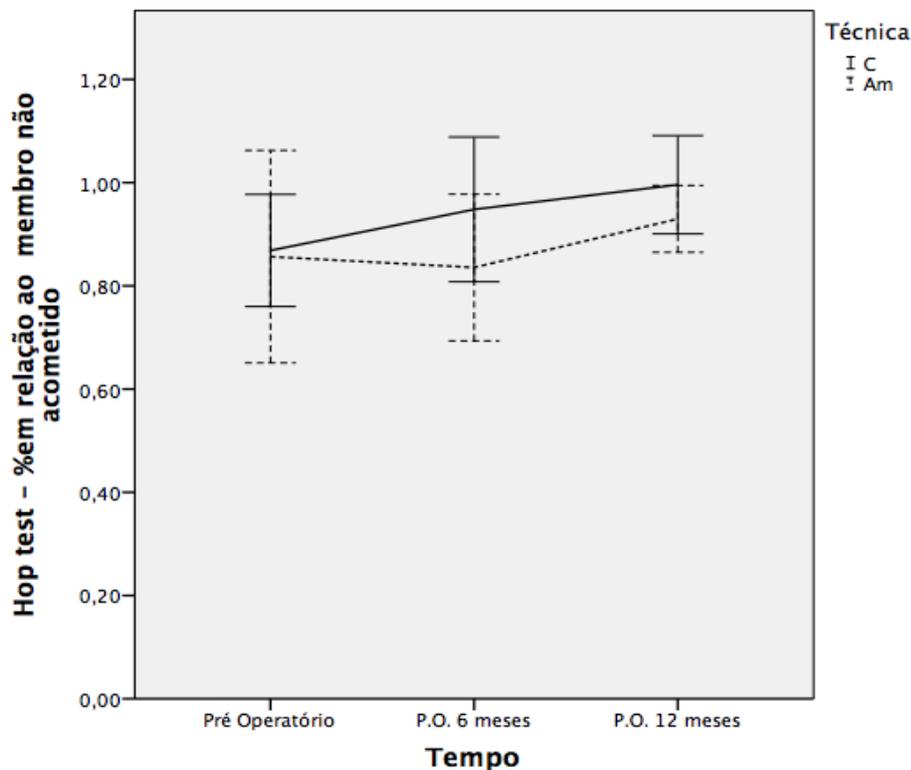
período entre o pré-operatório e 6 meses de pós-operatório do grupo anteromedial.

Os resultados são apresentados na tabela 8 e gráfico 2.

**Tabela 8 -** Resultados da avaliação clínica de acordo com o índice de simetria do membro na escala de hop test ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média (%)	DP	n	Média (%)	DP	
Pré-operatório	22	81	18	20	87	11	0,644
6 meses	19	84	17	18	93	7	<b>0,029</b>
12 meses	20	92	7	19	100	7	<b>0,039</b>

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância



**Gráfico 2** - Resultados da avaliação clínica de acordo com o índice de simetria do membro na escala de hop test ao longo do seguimento

#### 4.3.1.3 Avaliação isocinética

O grupo C apresentou melhores resultados na avaliação isocinética aos 6 meses ( $p=0,032$ ) ao compara-lo ao grupo AM na média do deficit do pico de torque na velocidade angular de  $60^{\circ}/s$ , sendo que a diferença entre as médias dos grupos foi de 10,35% (IC 95% = 4,2 a 16,4). A mesma variável analisada aos 12 meses não mostrou diferença significativa. Os resultados são apresentados na tabela 9.

A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora progressiva dos resultados ao longo do seguimento, comparando os períodos pré-operatório, 6 meses e 12 meses.

Os resultados são apresentados na tabela 9.

**Tabela 9 -** Medidas descritivas para o déficit do pico de torque na velocidade angular de 60°/s avaliadas ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média (Nm)	DP	n	Média (Nm)	DP	
Pré-operatório	22	26,51	18,17	20	22,03	12,62	0,384
6 meses	20	22,9	17,89	18	12,55	9,77	<b>0,032</b>
12 meses	21	17,54	18,98	19	8,16	9,29	0,077

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância

#### 4.3.2 Desfechos da avaliação subjetiva

##### 4.3.2.1 Escala de atividade física de Tegner

A média de pontuação da escala de atividade física de Tegner aos 12 meses foi de  $6,9 \pm 2,07$  pontos para o grupo AM e  $7,8 \pm 1,57$  pontos para o grupo C. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,17$ ).

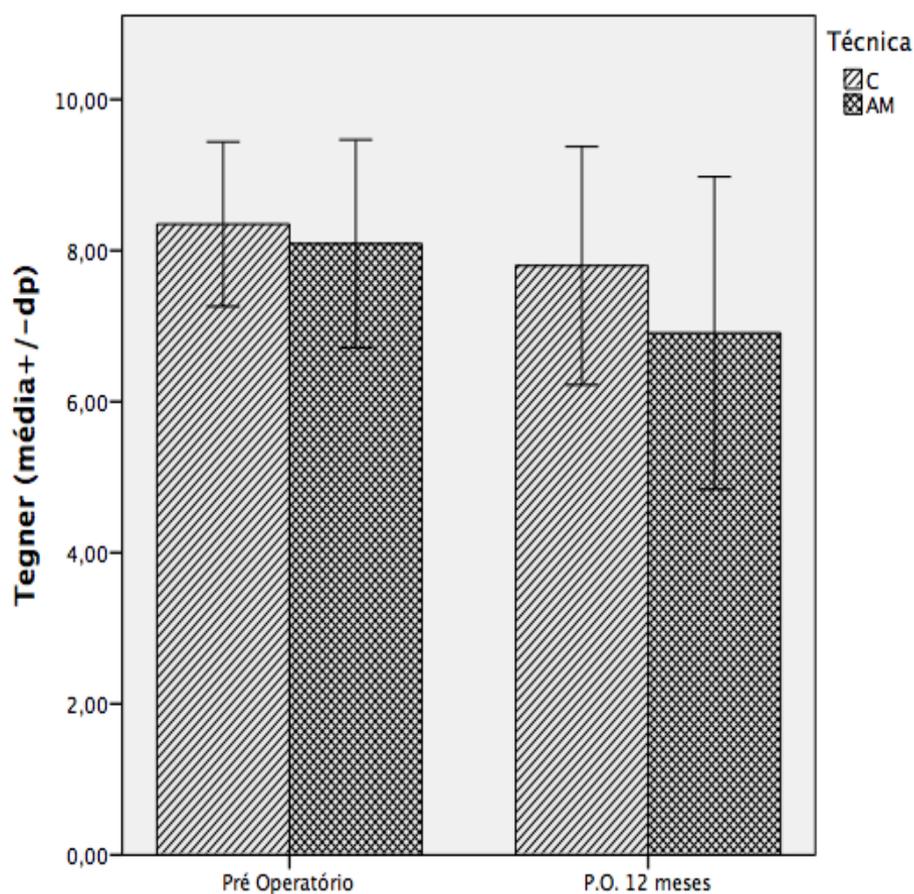
A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora significativa ao comparar o período anterior a lesão com a avaliação aos 12 meses.

Os resultados são apresentados na tabela 10 e gráfico 3.

**Tabela 10 -** Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de atividade física de Tegner ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média	DP	n	Média	DP	
Pré-lesão	22	8,09	1,37	20	8,35	1,08	0,69
12 meses	21	6,9	2,07	19	7,8	1,57	0,179

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância



**Gráfico 3** - Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de atividade física de Tegner ao longo do seguimento

#### 4.3.2.2 Lysholm

A média de pontuação da escala de Lysholm aos 6 meses foi de  $87,80 \pm 17,72$  pontos para o grupo AM e  $89 \pm 13,75$  para o grupo C. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,308$ ).

Aos 12 meses, a média de pontuação foi de  $89,5 \pm 11,15$  para o grupo AM e  $93,18 \pm 8,25$  para o grupo C. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,31$ ).

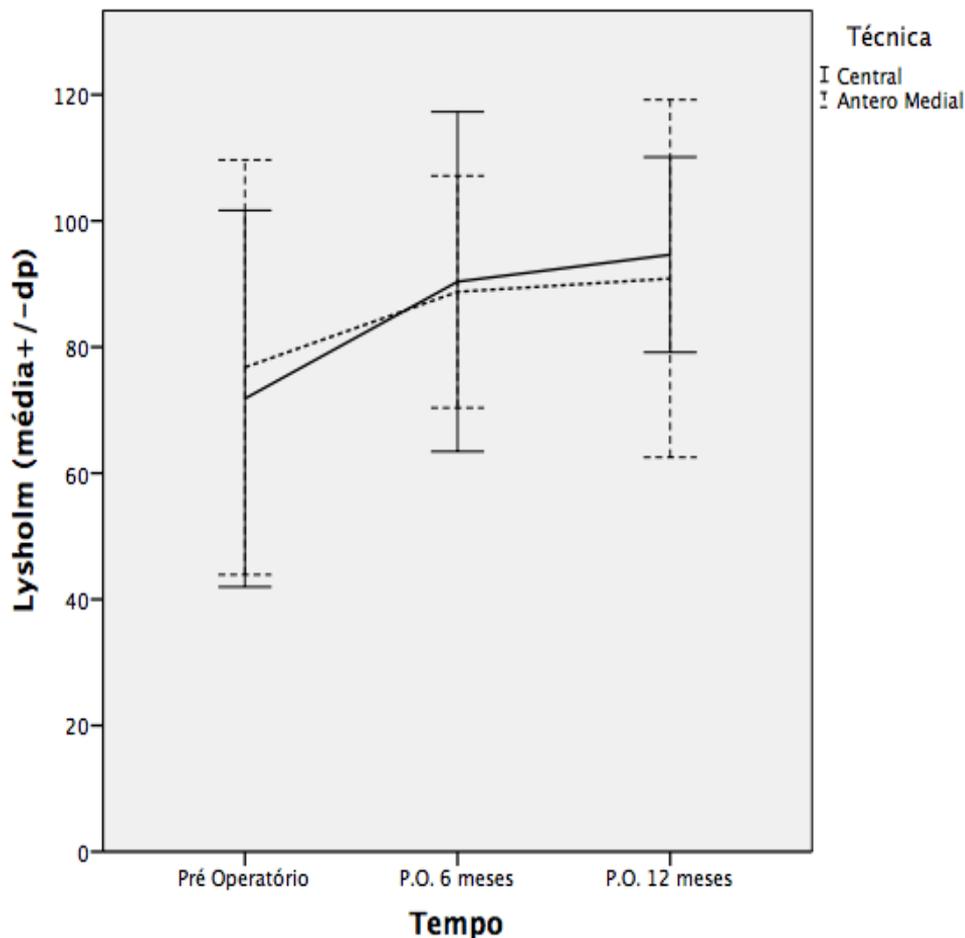
A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora significativa ao comparar o período anterior a lesão com a avaliação aos 12 meses.

Os resultados são apresentados na tabela 11 e gráfico 4.

**Tabela 11 -** Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de Lysholm ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média	DP	n	Média	DP	
Pré-operatório	22	70,72	17,73	20	68	18,03	0,139
6 meses	20	87,8	9,55	18	89	13,75	0,308
12 meses	21	89,5	11,15	19	93,18	8,25	0,31

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância



**Gráfico 4** - Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de Lysholm ao longo do seguimento

#### 4.3.2.3 IKDC subjetivo

A média de pontuação da escala de IKDC subjetivo aos 6 meses foi de  $78,22 \pm 15,23$  pontos para o grupo AM e  $82,34 \pm 16,8$  para o grupo C. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,568$ ).

Aos 12 meses, a média de pontuação foi de  $80,52 \pm 19,58$  para o grupo AM e  $90,22 \pm 11,61$  para o grupo C. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p=0,182$ ).

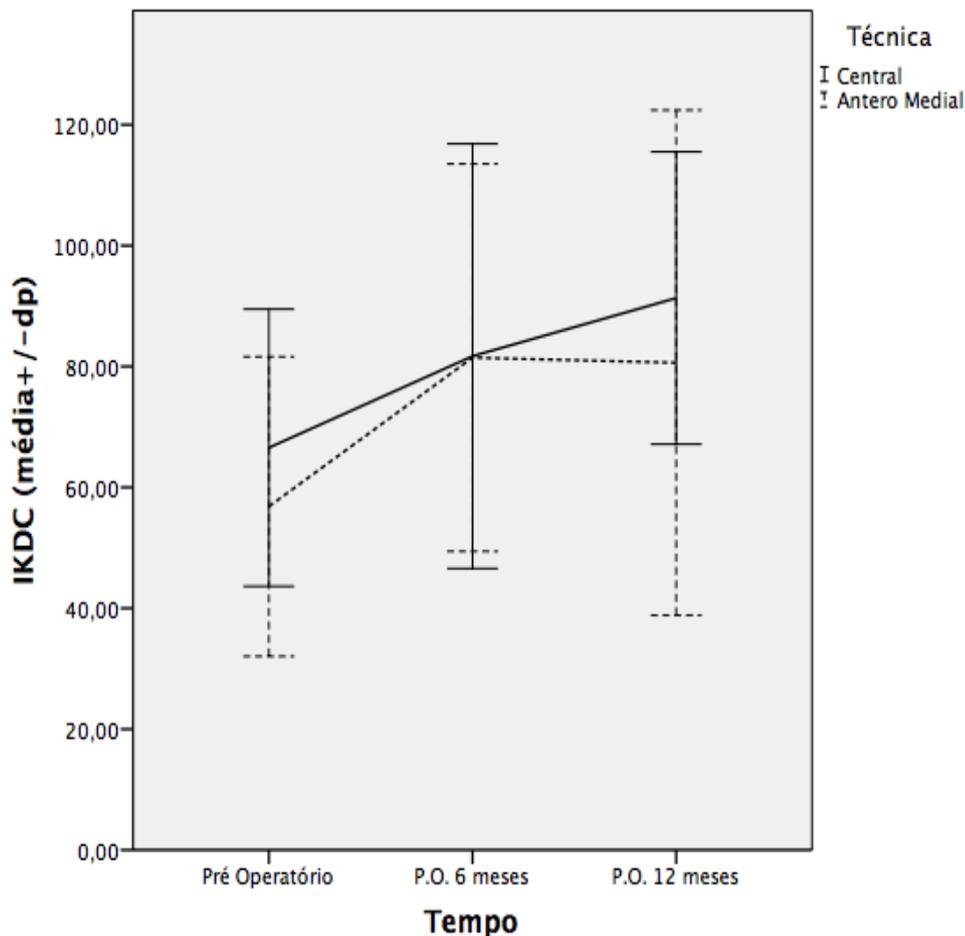
A análise temporal demonstrou que ambos os grupos apresentaram melhora progressiva dos resultados ao longo do seguimento, comparando os períodos pré-operatório, 6 meses e 12 meses.

Os resultados são apresentados na tabela 12 e figura 11.

**Tabela 12 -** Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de IKDC subjetiva ao longo do seguimento

	ANTEROMEDIAL			CENTRAL			p
	n	Média	DP	n	Média	DP	
Pré-operatório	22	52,43	15,48	20	60,58	13,47	0,142
6 meses	20	78,22	15,23	18	82,34	16,8	0,568
12 meses	21	80,52	19,58	19	90,22	11,61	0,182

DP: desvio padrão; n: número de pacientes; p: nível de significância



**Gráfico 5** - Resultados da avaliação clínica de acordo com a escala de IKDC subjetivo ao longo do seguimento

#### 4.4 Avaliação das complicações

Foram observadas complicações em quatro casos, sendo dois casos de rigidez e dois casos de relesão do LCA. Houve necessidade de reabordagem cirúrgica em todos os pacientes.

Cada grupo apresentou um caso de relesão e um caso de rigidez, portanto não houve diferença estatística entre os grupos na avaliação da incidência de

***Resultados***

---

complicações (p=1). Não foi observado nenhum caso de infecção pós-operatória, síndrome complexa de dor regional ou lesão neurológica.

---

---

# ***DISCUSSÃO***

---

---

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou de maneira objetiva e subjetiva (através de questionários) os resultados clínicos de pacientes com lesão do LCA submetidos à reconstrução cirúrgica com enxerto simples de flexores nas posições anatômicas anteromedial ou central. Todas investigações foram realizadas com ênfase na comparação entre os grupos de tratamento, visando a identificação de possíveis vantagens de uma técnica em relação à outra. Neste capítulo, a análise dos dados segue a sequência utilizada na apresentação dos resultados.

O perfil demográfico da nossa amostra populacional foi influenciado pelo fato de colocarmos um valor mínimo de 5 na escala de atividade física de Tegner como critério de inclusão, ou seja, indivíduos que não praticam atividade esportiva pelo menos duas vezes por semana não foram incluídos. A casuística desse estudo não difere do perfil demográfico encontrado habitualmente na população de pacientes acompanhados no ambulatório de Medicina do Esporte do Hospital das Clínicas: predominância do sexo masculino, jovens com idade média de 25 anos, praticantes de futebol (57,1%) e sem comorbidades. **Fernandes et al.**<sup>212</sup> realizou um estudo com a mesma população entre janeiro de 2008 e junho de 2010, encontrando características muito semelhantes na amostra. **Nicolini et al.**<sup>41</sup> também observou uma predominância da prática de futebol (38%) nos pacientes com lesões do joelho atendidos em um centro de medicina esportiva. Dados do ministério do esporte (<http://www.esporte.gov.br/diesporte/2.html>) coletados pelo IBGE em 2013

revelam que 59,8% da população brasileira que pratica esportes, considera o futebol como sua principal modalidade esportiva.

Durante muitos anos, o objetivo primário da reconstrução do LCA foi alcançar o posicionamento do enxerto em seu ponto mais isométrico, com o objetivo de evitar a sobrecarga e alongamento excessivo das fibras tendíneas<sup>213,214</sup>. Já foi demonstrado que a região anteromedial alta do fêmur permite uma distribuição mais uniforme do tensionamento das fibras do ligamento ao longo de todo o seu arco de movimento, quando comparada a área previamente ocupada pelo ligamento nativo<sup>123</sup>, mas o fato é não existe um ponto realmente isométrico e mesmo analisando cada uma das bandas separadamente, nenhuma delas pode ser considerada isométrica<sup>4</sup>. A reconstrução na posição anteromedial alta, foi perdendo popularidade a medida em que estudos biomecânicos demonstraram sua relação com o posicionamento mais verticalizado do enxerto e conseqüentemente pior controle rotacional<sup>10,215-217</sup>. Paralelamente, a descrição de alterações degenerativas em 11% a 33% dos pacientes<sup>20</sup>, estimulou a busca por técnicas que reproduzissem a anatomia normal.

Em 2006, somente 10% dos cirurgiões optavam pelo técnica portal<sup>218</sup>, esse número subiu para 68% em 2013<sup>219</sup>. Em uma pesquisa realizada no 15º Congresso Brasileiro de Cirurgia do Joelho de 2014, somente 26,5% dos cirurgiões ainda dão preferência a técnica transtibial ou isométrica, enquanto 72,5% preferem realizar a perfuração do túnel femoral de maneira independente pela técnica portal (49,7%) ou outside-in (23,8%)<sup>220</sup>.

Estudos comparando a técnica transtibial com a técnica transportal são muitas vezes interpretados como equivalentes a comparar a técnica de reconstrução isométrica com a reconstrução anatômica, embora nem sempre isso seja aplicável. Ainda que o crescimento da técnica transportal mostre uma clara intenção de se buscar um posicionamento mais anatômico do ligamento, alguns autores também descrevem reconstruções anatômicas com pequenas variações da técnica transtibial<sup>37,221-223</sup>.

É preciso lembrar que a maior parte das críticas relacionadas a reconstrução isométrica se baseiam em estudos biomecânicos, utilizando peças de cadáveres desprovidas das demais estruturas ligamentares periféricas. **Liu et al.**<sup>27</sup>, em 2015, publicam uma revisão sistemática demonstrando que, mesmo as mínimas diferenças descritas na literatura, são de baixa magnitude e é pouco provável que tenham algum significado clínico.

**Lubowitz et al.**<sup>123</sup>, em 2013, ao comparar a isometria do enxerto nas diferentes posições, chamam a atenção para o risco de perda de extensão no posicionamento mais anatômico do túnel. **Wang et al.**<sup>132</sup>, em um estudo de 2013 envolvendo a análise cinemática da marcha, observou que os pacientes submetidos a reconstrução do LCA pela técnica transportal apresentam maior incidência de perda de extensão na fase de apoio tardio. Faltam estudos que avaliem a repercussão a longo prazo de um possível tensionamento excessivo do enxerto na posição anatômica.

Ao se optar pela reconstrução anatômica com banda simples, a próxima questão é definir o local em que deverá ser posicionado o enxerto. Existem três opções possíveis: a posição original da banda anteromedial, a posição original da banda posterolateral ou o local entre as duas bandas (posição central).

Escolher a posição central é algo quase intuitivo, posicionar o enxerto abrangendo parte da área de origem e inserção de cada uma das bandas permitiria em um raciocínio lógico, reproduzir mais fielmente a cinemática do LCA. No entanto, estudos biomecânicos recentes indicam que a banda anteromedial seria de certa forma “dominante”. **Gardner et al.**<sup>7</sup>, em 2015, realizam ensaios biomecânicos sugerindo que a banda anteromedial é a principal estabilizadora na direção anterior e rotacional em qualquer grau de flexão do joelho. **Skelley et al.**<sup>55</sup>, em 2015, observam que as fibras de colágeno tensionadas da banda anteromedial são mais resistentes, rígidas e com alinhamento mais uniforme em a análise realizada sob luz polarizada quando comparada a banda posterolateral.

Não há embasamento na literatura para se reconstruir isoladamente a banda posterolateral sem que possa haver prejuízos à população estudada. Se levarmos em conta os anos de em que houve o predomínio da reconstrução isométrica (anteromedial alta) e os bons resultados com a reconstrução anatômica na posição central, poderíamos considerar o posicionamento na região anteromedial como um local intermediário aceitável entre as duas técnicas. **Kawaguchi et al.**<sup>224</sup>, em 2015, realiza um estudo biomecânico em que

descrevem uma contribuição de somente 9% a 16% das fibras da banda posterolateral na estabilidade anterior de 0° a 90° de flexão do joelho.

Nosso estudo, aborda uma lacuna na literatura, pois embora a técnica de reconstrução anatômica tenha crescido na preferência dos cirurgiões<sup>219,220</sup>, ainda não existem estudos clínicos prospectivos que comparem as posições anteromedial e central. **Kato et al.**<sup>126</sup>, em 2009, realizam um estudo biomecânico com joelhos de porcos demonstrando que a posição central apresenta maior estabilidade anterior que as posições anteromedial e posterolateral. **Cross et al.**<sup>31</sup>, em 2011, ao comparar a posição central e anteromedial em joelhos de cadáveres, não observou diferenças quanto aos testes mecanizados de Lachman e pivot shift.

O posicionamento incorreto do túnel femoral é um erro comum e a identificação dos parâmetros anatômicos da origem do LCA é essencial para o sucesso do procedimento. Evitamos realizar a intercodiloplastia, pois tal procedimento frequentemente remove as fibras residuais da origem do LCA e os parâmetros ósseos essenciais como a crista intercondilar lateral<sup>21</sup>. **Fu et al.**<sup>21</sup> afirmam que o posicionamento da óptica no portal anteromedial permite a visualização completa da origem do LCA sem a necessidade de intercondiloplastia em 95% dos casos.

A escolha da posição do túnel só fará sentido se for possível na prática localizar adequadamente a área de origem e inserção original de cada uma das bandas e o limite entre as mesmas. Nos casos de lesões mais recentes é

possível se guiar pelas fibras remanescente que formam uma impressão sobre a parede óssea. A percepção da dificuldade do retorno ao esporte após a ocorrência da lesão, associada a facilidade de encaminhamento de indivíduos com perfil de prática esportiva profissional ou amadora, antecipa a entrada dos pacientes para acompanhamento no grupo de medicina do esporte e conseqüentemente permite que o tratamento cirúrgico dessa casuística seja realizado mais precocemente após a indicação. Tal fato contribuiu para que, em praticamente todos os casos operados nesse estudo, tenha sido possível a visualização das fibras remanescentes do LCA (footprint), facilitando dessa forma o posicionamento dos túneis.

Não há um consenso sobre o formato e as dimensões da área de origem do LCA no fêmur, os estudos descrevem essa região como circular<sup>3,52</sup>, oval<sup>69-71,76</sup> ou segmento de um círculo<sup>13</sup>, com diâmetro variando de 12 a 24 mm e área de 83 a 155mm<sup>2</sup><sup>3,18,26,56,61,64,94</sup>. Tal variabilidade nas descrições anatômicas se deve a presença das fibras em leque que recobrem a periferia do LCA e se expandem na sua inserção óssea<sup>73</sup>. **Kawaguchi et al.**<sup>33</sup>, em 2015, publicam um estudo biomecânico atribuindo somente 13 a 15% da função estabilizadora do LCA às fibras periférica em leque. Se considerarmos que as fibras em leque contribuem com a área total de uma forma desproporcionalmente superior à sua contribuição funcional, é interessante questionar se não seria mais indicado tentar reproduzir somente a inserção das fibras mais centrais do LCA<sup>66,68</sup>, o que levaria a um posicionamento um pouco mais alto e superficial dos túneis. Devido a impossibilidade de se identificar quais fibras seriam de inserção direta ou com

inserção em leque no intra-operatório, optamos por manter a área de impressão total do ligamento como parâmetro.

A impressão do LCA com as fibras remanescentes dos cotos tendíneos foi o principal parâmetro utilizado nesse estudo para se determinar o posicionamento correto dos túneis ósseos. Utilizamos a crista intercondilar lateral<sup>12,83</sup> como um ponto de referência auxiliar na determinação do limite anterior da impressão do ligamento, principalmente em seu terço médio e posterior. Não foi possível visualizar tão claramente a crista bifurcada em todos casos operados, mesmo assim tentamos utilizar essa estrutura como um parâmetro auxiliar para se determinar o limite entre as bandas. **Tsukada et al.**<sup>84</sup>, em 2014, afirmam que a metade distal da crista intercondilar lateral não deve ser utilizada como limite anterior do LCA, pois em seu estudo com micro-tomografias em joelhos de cadáveres observaram fibras do LCA anterior a essa estrutura em sua porção distal. Outro ponto a se considerar é que a crista lateral bifurcada pode estar ausente em 12 a 52% dos casos<sup>13,225</sup>.

Nos casos em que o portal lateral permitiu a visualização da parede medial do côndilo lateral, não foram realizados portais adicionais e a perfuração do túnel femoral foi realizada a mão livre pelo portal AM. Porém em mais da metade dos casos (52,4%) foi necessário a realização de um portal AM acessório, o que é condizente com a literatura. **Van Eck et al.**<sup>14</sup>, em um revisão sistemática de 2010 sobre a reconstrução anatômica do LCA com dupla banda, observam que os estudos publicados descrevem a utilização do portal AM acessório em 51,4% dos casos, enquanto os demais se limitaram aos dois portais tradicionais.

Não observamos complicações durante o procedimento de realização do túnel femoral, tanto pelo portal anteromedial quanto pelo portal anteromedial acessório. Mesmo assim, é importante lembrar dos riscos potenciais dessa técnica, como a violação da parede posterior e a lesão da cartilagem do côndilo femoral durante a perfuração do túnel<sup>111,226,227</sup>. Estudos em cadáveres sugerem uma tendência a realização de túneis ósseos mais curtos ao se utilizar a técnica transportal, mas estudos em seres humanos não demonstraram relação do encurtamento dos túneis com piores desfechos clínicos quando comparados a técnica transtibial<sup>228-230</sup>. Para a realização do túnel femoral, mantivemos o joelho fletido pelo menos 120°, e observamos algumas desvantagens como a piora da visualização e aumento do risco de dano ao fio guia. As recomendações da literatura variam de 110° a flexão total<sup>231</sup> e as principais desvantagens descritas envolvem a orientação do túnel que, por estar mais horizontalizado, pode levar a um ângulo de dobra do enxerto muito agudo e pressão direta da parede do túnel sobre o mesmo<sup>231</sup>. Outra complicação descrita é a lesão parcial da inserção anterolateral da raiz do menisco devido a sua sobreposição a área de inserção tibial, diminuindo sua resistência a futuras lesões<sup>232</sup>.

A reconstrução do LCA é um dos procedimentos mais realizados e estudados na ortopedia<sup>44</sup>, conseqüentemente são inúmeros os métodos descritos para análise de seus resultados, o que dificulta a comparação entre as diversas publicações. Em um estudo de 2001, **Johnson e Smith**<sup>233</sup>, revisam 54 métodos de avaliações diferentes utilizados em pacientes com lesão do LCA e concluem que somente uma minoria desses métodos poderiam ser considerados instrumentos confiáveis de análise dos resultados.

A recuperação funcional do atleta após a cirurgia de reconstrução do LCA não depende somente do reestabelecimento da estabilidade mecânica do joelho, uma vez que alterações da propriocepção elevam o risco de uma nova lesão<sup>234</sup>. Nesse sentido, a análise do equilíbrio por parâmetros de posturografia pode ser um importante aliado na análise dos resultados.

Um decréscimo da capacidade proprioceptiva está presente após a lesão do LCA<sup>235</sup>. O prejuízo no controle postural avaliados através do equilíbrio em apoio monopodálico na plataforma de força foram descritos em casos de lesão do LCA aguda<sup>156</sup> e crônica<sup>154,155,159</sup>, bem como após cirurgias de reconstrução ligamentar<sup>144,160,162,236</sup>. Os estudos que comparam a reconstrução do LCA a um grupo controle de indivíduos saudáveis mostram que o controle postural não é restabelecido aos níveis anteriores a lesão<sup>36,140,166-168,170</sup>.

A escolha da região anteromedial ou central dentro da área de impressão do ligamento apresenta diferenças mínimas de posicionamento. É preciso lembrar que os métodos de avaliação mais comumente utilizados não demonstraram diferenças significantes ao comparar técnicas menos semelhante entre si, como transportal versus transtibial modificada<sup>37</sup> e dupla-banda versus banda simples<sup>30</sup>. A escolha da posturografia como desfecho primário foi pensada inicialmente como um parâmetro mais global na avaliação do indivíduo praticante de esporte, uma vez que o gesto esportivo envolve uma interação completa dos mecanismos de equilíbrio e propriocepção. Ao fornecer resultados objetivos pela análise de pequenas nuances na oscilação do centro de gravidade do indivíduo, a posturografia mostra uma sensibilidade aumentada na detecção de pequenas

---

diferenças. A possibilidade de decompor a análise em dois planos separados (coronal e sagital) talvez nos permitisse avaliar a influência da inclinação do enxerto nos resultados. Ma et al.<sup>171</sup>, em 2014, realizam o primeiro estudo clínico comparando técnicas de reconstrução do LCA por parâmetros de posturografia: banda simples, banda dupla ou banda simples aumentada e observam que os resultados na reconstrução com banda dupla e banda simples aumentada são superiores a banda simples. Embora seja um método promissor, não existem estudos prévios que comparem a reconstrução anatômica na região anteromedial ou central quanto a parâmetros de posturografia.

A projeção no plano coronal do posicionamento do enxerto nas diferentes técnicas progride da orientação mais vertical na posição anteromedial alta, para um enxerto mais horizontalizado progressivamente nas posições anteromedial, central e posterolateral. As diferenças significantes nos parâmetros de posturografia foram encontradas somente em medidas de oscilação do CP no plano mediolateral e favoráveis ao posicionamento central quando comparadas ao posicionamento anteromedial:  $X_{avg}$  na posição de chute aos 6 meses,  $X_{max}$  na posição de apoio monopodálico simples aos 12 meses, e  $X_{avg}$  na posição de flexão aos 6 meses. É possível imaginar que o enxerto na posição central, por estar relativamente mais próximo do plano horizontal que a posição anteromedial, pode contribuir de maneira mais significativa para a redução da oscilação mediolateral do CP no plano mediolateral. **Fernandes**<sup>127</sup>, em 2016, observou em seu estudo biomecânico que a reconstrução anatômica do LCA na posição central permite uma maior restrição da rotação interna do joelho, em comparação à reconstrução anatômica anteromedial, quando submetida aos

testes do “pivot shift” mecanizado e de Lachman avaliada por sistema óptico de navegação e tomografia 3D. Tais achados, contribuem para a hipótese de que a variação da inclinação do enxerto no plano coronal teria uma maior correlação com a função estabilizadora secundária do LCA, fora do plano sagital. Em síntese, um enxerto com uma inclinação mais horizontal, teria maior atuação na estabilidade rotacional e nas solicitações em varo e valgo.

Ao analisar somente a estabilidade anterior do LCA, estudos que avaliaram técnicas de reconstrução menos semelhantes entre si (anatômica vs. isométrica) já não demonstraram diferenças significantes na translação anterior da tibia<sup>128,130</sup>, portanto é compreensível que não tenham sido detectadas diferenças entre os grupos C e AM nos parâmetros de oscilação no plano sagital ( $Y_{max}$ ,  $Y_{min}$ ,  $Y_{avg}$ ).

A avaliação do hop test não demonstrou alterações significantes na comparação dos valores absolutos, porém o índice de simetria do membro<sup>175-177</sup> apresentou resultados favoráveis ao posicionamento central em relação ao anteromedial aos 6 e 12 meses. Houve melhora significante dos resultados para os dois grupos ao longo do período avaliado. Nós optamos pela modalidade de single-leg hop for distance devido a simplicidade e por estar presente em 20%<sup>190</sup> dos estudos comparando técnicas de reconstrução do LCA. O segundo teste mais utilizado na literatura é o triple-hope e mesmo assim está presente somente em 4% dos estudos<sup>190</sup>, razão pelo qual optamos por não utiliza-lo em nossas avaliações.

Uma das críticas com relação a avaliação isocinética, é a dificuldade em se comparar os resultados de um movimento monoarticular unidirecional a um gesto esportivo complexo<sup>237</sup>. Nesse estudo observamos um maior deficit do pico de torque no grupo AM ao analisarmos a velocidade angular de 60°/s aos 6 meses de pós operatório. Essa diferença não se manteve aos 12 meses.

Houve uma melhora significativa da força muscular do quadríceps em ambos os grupos ao compararmos o período pré-operatório e as avaliações em 6 e 12 meses. O ganho progressivo da força muscular é esperado e faz parte da análise da recuperação de qualquer indivíduo, mas é importante ressaltar que dificilmente os níveis de força se igualam ao membro não operado. Mesmo assim, nossos resultados foram superiores quando comparados ao estudo de **Lee et al.**<sup>238</sup> em 2015, que observou um deficit de aproximadamente 20% da força comparando ao membro não operado, enquanto nossa média foi de 17,54% para o grupo AM e 9,29% para o grupo C aos 12 meses de pós-operatório.

Nos estudos publicados nas revistas de maior impacto entre 2010 e 2014, a escala de IKDC foi a método mais utilizado para avaliação dos resultados da cirurgia de reconstrução do LCA, estando presente em 70% dos desfechos<sup>190</sup>. Nesse mesmo período, a escala de Lysholm aparece em segundo lugar com presença em 63% dos estudos, enquanto a escala de atividade física de Tegner foi a terceira mais utilizada (42%)<sup>190</sup>. A inclusão dessas três escalas como desfechos secundários permitem uma melhor comparação com resultados prévios de outras técnicas de reconstrução do LCA na literatura.

Em uma amostra de atletas, a capacidade de reestabelecer a prática esportiva é um dos parâmetros mais importantes para se avaliar a função do joelho após qualquer intervenção cirúrgica<sup>108,239</sup>. A escala de atividade física de Tegner mostrou que não diferença entre os grupos AM e C. Essa escala apresenta a particularidade de comparar o pós-operatório com os níveis pré-lesão e não com o estado pré-operatório, como é comum nas demais escalas. Como já era esperado, com 12 meses de pós-operatório, os dois grupos mostraram resultados significativamente piores na comparação com os níveis pré-lesão. Ardern et al.<sup>240</sup>, em 2011, publicam uma revisão sistemática mostrando que somente 63% dos pacientes operados por lesão do LCA retomam a prática esportiva no mesmo nível e entre os indivíduos que participam de competições regularmente o resultado tende a ser pior com retorno da prática esportiva no mesmo nível em apenas 44% dos casos. Nossa casuística apresentou melhores resultados: 78,5% dos participantes desse estudo foram capazes de retomar sua prática esportiva no mesmo nível (72% no grupo AM e 85% no grupo C), mesmo com uma amostra em que 64,2% dos pacientes operados participam regularmente de competições esportivas (amador ou profissional).

As escalas de Lysholm e IKDC subjetivo não mostraram diferenças entre os grupos anteromedial e central aos 6 e 12 meses. Essas escalas refletem a visão do tratamento sob a perspectiva do paciente, a despeito dos achados objetivos detectados em outros métodos. Houve melhora significativa nos valores médios das duas escalas ao longo do seguimento, comparando o período pré-operatório ao tempo de 6 e 12 meses, demonstrando que, independente da

técnica utilizada, a reconstrução anatômica do LCA apresentou resultados favoráveis ao longo do tempo.

Como principal ponto favorável desse estudo podemos citar o fato de ser o primeiro ensaio clínico controlado, prospectivo e randomizado (nível I de evidência) a comparar posições diferentes da reconstrução anatômica do LCA. A opção de incluir a posturografia como desfecho primário permitiu uma avaliação mais global do resultado funcional proveniente da análise do equilíbrio com dados objetivos, não se restringindo a avaliar somente da função do joelho. A inclusão de escalas funcionais habitualmente utilizadas na literatura (Tegner, Lysholm, IKDC) permite a comparação com outras técnicas e mesmo com estudo a serem realizados no futuro.

Ao se determinar a posturografia como desfecho primário, encontramos algumas dificuldades iniciais. Ainda não foi estabelecido o que seria uma diferença mínima clinicamente relevante para cada um dos parâmetros obtidos. Na literatura há uma grande variação na escolha dos parâmetros empregados mesmo comparando intervenções semelhantes, o que dificulta qualquer metanálise dos dados disponíveis. Não há uma escala que correlacione múltiplos parâmetros, dificultando a graduação da alteração global do equilíbrio. Os modelos de plataforma de força existentes no mercado apresentam variações nos parâmetros fornecidos, impossibilitando em alguns casos comparações com modelos diferentes. A rotina da coleta de dados na posturografia não é algo rápido ou simples. Dependendo do número de posturas avaliadas em cada indivíduo, pode não haver tempo para a avaliação de múltiplos pacientes no

mesmo período, o que muitas vezes implica na necessidade de agendar um dia específico de retorno somente com esse objetivo. A percepção do paciente de que a posturografia ainda não é uma rotina para todos pacientes acompanhados no ambulatório faz com que muitos dos pacientes que foram colaborativos no primeiro ano da avaliação, questionem a necessidade de retorno em seguimentos com um prazo maior.

Como perspectivas futuras, consideramos a possibilidade de criar uma escala de pontuação global dos parâmetros da posturografia para graduar as alterações de equilíbrio. A utilização de posturografia dinâmica pela aplicação de uma perturbação externa<sup>162,163</sup> ou utilizando plataformas móveis pode aumentar a sensibilidade do teste e mostrar diferenças não reveladas na posturografia estática<sup>36</sup>. Variantes da aplicação do hop test podem ser incluídas como por exemplo o salto na direção lateral ou diagonal, já que a aterrissagem no plano mediolateral pode apresentar uma sensibilidade maior na detecção de alterações provenientes da inclinação do enxerto<sup>241</sup>. A mensuração da translação anterior da tibia com dispositivo KT-1000 também pode fornecer mais um dado objetivo na análise. A médio prazo, pretendemos analisar os exames de imagem realizados no período pós-operatório para correlacionar a localização dos túneis com a intenção inicial do posicionamento do enxerto.

A ausência de diferenças entre os grupos nos parâmetros correlacionados mais diretamente ao desfecho clínico (escalas de Tegner, Lysholm e IKDC) mostram que, na percepção do paciente, as duas técnicas são semelhantes. É preciso um período maior de seguimento para determinarmos se valores de

parâmetros objetivos obtidos aos 6 e 12 meses (posturografia, hop test e avaliação isocinética) poderiam servir como fatores preditivos dos desfechos clínicos a longo prazo.

---

---

# **CONCLUSÃO**

---

---

## **6 CONCLUSÃO**

A reconstrução anatômica do LCA na posição central apresentou menor valor de oscilação no plano mediolateral para 3 parâmetros de posturografia quando comparados a posição anteromedial: oscilação média do CP na posição de chute aos 6 meses, oscilação máxima do CP na posição de apoio simples sobre o membro operado aos 12 meses e oscilação média do CP na posição de flexão do joelho aos 6 meses. Outros parâmetros de posturografia não apresentaram diferenças ao longo do seguimento.

Na comparação entre os grupos aos 6 meses, os pacientes submetidos à reconstrução do LCA na posição central apresentaram resultados superiores quando comparados a reconstrução anteromedial no índice de simetria no hop test e no deficit do pico de força na velocidade angular de 60°/s. Na análise desses mesmo parâmetros aos 12 meses, somente o índice de simetria do hop test continuou demonstrando resultados superiores para o posicionamento central do enxerto, enquanto o deficit do pico de força na velocidade angular de 60o/s apresentou resultados semelhantes entre os grupos.

Os grupos anteromedial e central apresentaram resultados semelhantes nas escalas de Tegner, Lysholm e IKDC e no número de complicações.

---

---

***ANEXOS***

---

---

## 7 ANEXOS

Anexo A - Comprovante de submissão do estudo ao banco de registros internacional ClinicalTrials.gov

**ClinicalTrials.gov**  
A service of the U.S. National Institutes of Health

Trial record 1 of 13 for: ACL anatomic  
[Previous Study](#) | [Return to List](#) | [Next Study](#) ▶

**Comparison of Dynamic Knee Stability and Functional Outcomes in Anatomical ACL Reconstruction at AM or Central Position**

**This study is currently recruiting participants.**  
[Verified February 2014 by University of Sao Paulo](#)

**Sponsor:**  
University of Sao Paulo

**Information provided by (Responsible Party):**  
Araldo José Hernandez, University of Sao Paulo

**ClinicalTrials.gov Identifier:**  
NCT02074917

First received: October 24, 2013  
 Last updated: February 26, 2014  
 Last verified: February 2014  
[History of Changes](#)

[Full Text View](#) | [Tabular View](#) | [No Study Results Posted](#) | [Disclaimer](#) | [How to Read a Study Record](#)

**▶ Purpose**

This is a prospective, randomized and double-blind clinical trial about **anatomical** single-bundle anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. One of the most common causes of ACL reconstruction failure is poor graft positioning. There is evidence that graft placement aligned with native insertion sites results in superior clinical outcomes. Current **anatomic ACL** reconstruction concepts highlight the importance of the native anatomy to restore physiological knee kinematics more accurately.

This study aims to investigate clinical outcomes and dynamic knee stability with force platform and other functional tests after ACL reconstruction in two different groups of tunnel position: anteromedial ACL footprint (AM) or central ACL footprint.

It was hypothesized that there would be clinical or dynamic stability differences between AM or Central tunnel groups in ACL reconstruction.

Condition	Intervention
Rupture of Anterior Cruciate Ligament Complete Tear, Knee, Anterior Cruciate Ligament	Procedure: <b>Anatomical ACL</b> reconstruction

Study Type: Interventional  
 Study Design: Allocation: Randomized  
 Intervention Model: Parallel Assignment  
 Masking: Double Blind (Subject, Outcomes Assessor)  
 Primary Purpose: Treatment

Official Title: Comparison of Dynamic Knee Stability and Functional Outcomes in **Anatomical** Single-bundle **ACL** at Anteromedial or Central Tunnel Position - Prospective, Randomized and Double-blind Clinical Trial in Athletes

**Resource links provided by NLM:**

[MedlinePlus related topics:](#) [Knee Injuries and Disorders](#) [Plastic and Cosmetic Surgery](#)

[U.S. FDA Resources](#)

**Further study details as provided by University of Sao Paulo:**

Primary Outcome Measures:

- Dynamic Stability with force platform [ Time Frame: 12 months ] [ Designated as safety issue: No ]  
 Evaluation of dynamic stability in stand position and leg movements with force platform

---

 ANEXO B - Aprovação da comissão de ética para análise de projeto de pesquisa
 

---



972

**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:** Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez **Versão:** 3

**Pesquisador Executante:** Danilo Ricardo Okiishi de Oliveira **CAAE:** 16235213.4.0000.0068

**Co-autores:** Tiago Lazzaretti Fernandez

**Finalidade Acadêmica:** Aprimoramento

**Instituição:** HCFMUSP – Instituto de Ortopedia e Traumatologia

**Departamento:** ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**Registro on-line:** 9968

**Número do Parecer:** 362.396

**Data da Relatoria:** 16/08/2013 – *ad-referendum*

**Apresentação do Projeto:** 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

**Objetivo da Pesquisa:** Avaliar a estabilidade dinâmica e funcional da reconstrução anatômica do LCA nos posicionamentos AM e impressão central original no fêmur

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:** Riscos: Mínimo. O estudo não acrescenta nenhum risco adicional, além dos riscos esperados para uma cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior por via artroscópica. Utilizamos técnicas já bem estabelecidas na literatura, com benefícios comprovados, sem risco adicional e imprevisto de técnicas cirúrgicas recém descritas ou novas técnicas. Benefícios: O paciente pode se beneficiar de melhora na reabilitação e no retorno ao esporte, sendo que apenas ao final do estudo é que poderemos concluir qual das técnicas em estudo contribui com maior estabilidade articular do joelho

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:** Desenho e estudo adequado

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:** Termos de apresentação obrigatória sem problemas identificados

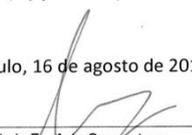
**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:** Sem pendências, o pesquisador retirou a informação relativa a área temática do estudo conforme solicitado no parecer anterior

**Situação do Parecer:** Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:** Não

**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 todos os demais documentos recomendados pelo CEP; **e)** encaminhar os resultados para 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 agosto de 2013

  
 Prof. Dr. Luiz Eugênio Garpez Leme  
 Coordenador  
 Comissão de Ética para Análise de  
 Projetos de Pesquisa-CAPPesq

Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 225 - Prédio da Administração - 5º andar  
 CEP 05403-010 - São Paulo - SP.tnb  
 55 11 2661-7585 - 55 11 2661-6442 ramais: 16, 17, 18 | [marcia.carvalho@hc.fm.usp.br](mailto:marcia.carvalho@hc.fm.usp.br)

---



---

**ANEXO C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**
**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

1

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

PESQUISADOR : Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez

CARGO/FUNÇÃO: Chefe do Grupo de Medicina Esportiva do Instituto de Ortopedia e Traumatologia

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 40030

UNIDADE DO HCFMUSP: Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT)

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

- RISCO MÍNIMO  RISCO MÉDIO
- RISCO BAIXO  RISCO MAIOR

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : 18 meses

Rubrica do sujeito de pesquisa ou responsável \_\_\_\_\_

Rubrica do pesquisador \_\_\_\_\_

---

---

**Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - HCFMUSP**

2

- 1 – O objetivo desse estudo é avaliar a estabilidade do joelho após a cirurgia para a reconstrução do ligamento cruzado anterior com 2 técnicas diferentes;
- 2 – A avaliação do joelho será realizada em uma plataforma de força através de testes de salto e equilíbrio realizados em três momentos diferentes: antes da cirurgia, 6 meses após a cirurgia e 12 meses após a cirurgia;
- 3 – Será realizada uma tomografia computadorizada duas semanas após a cirurgia para avaliação;
- 4 – O estudo não acrescenta nenhum risco adicional, além dos riscos esperados para uma cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior por artroscopia, independentemente da técnica utilizada (central ou anteromedial);
- 5 – O Sr.(a) poderá se beneficiar de um seguimento mais detalhado de sua evolução após a cirurgia, devido a análise de parâmetros não testados rotineiramente. No entanto, somente no final do estudo poderemos concluir qual das técnicas utilizadas contribuiu para a maior estabilidade articular do joelho;
- 6 – Caso seja necessário, o Sr.(a) terá à disposição a estrutura do Hospital das Clínicas como retaguarda para intercorrências durante o estudo, mais especificamente do grupo de Medicina do Esporte, situado no 2º andar do IOT-HCFMUSP;
- 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 o Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez que pode ser encontrado no endereço Rua Ovídio Pires de Campos, 333 – Cerqueira César – São Paulo / SP - CEP 05403-010 - telefone (11) 3069-6815. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – telefone: (11) 2661-6442 – ramais 16, 17 18 – 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;
- 9 – Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;
- 10 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

Rubrica do sujeito de pesquisa ou responsável \_\_\_\_\_

Rubrica do pesquisador \_\_\_\_\_



---

**Anexo C** - 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

**1° mês ao 2° 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 60°
- 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)

**3° mês**

- Bicicleta com carga
- Aumento da carga dos exercícios resistidos
- Treino de resistência com elástico na cintura
- Corrida estacionaria 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

**4° ao 5° mês**

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

**6° ao 7° mês**

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

**8° mês**

- Liberação para o esporte se sem queixas

**Anexo D - Escala de atividade física de Tegner**

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

## Anexo E - Escala de Lysholm

<p><b>Mancar (5 pontos)</b>            Nunca = 5            Leve ou periodicamente = 3            Intenso e constantemente = 0</p> <p><b>Apoio (5 pontos)</b>            Nenhum = 5            Bengala ou muleta = 2            Impossível = 0</p> <p><b>Travamento (15 pontos)</b>            Nenhum travamento ou sensação de travamento = 15            Tem sensação, mas sem travamento = 10            Travamento ocasional = 6            Frequente = 2            Articulação (junta) travada no exame = 0</p> <p><b>Instabilidade (25 pontos)</b>            Nunca falseia = 25            Raramente, durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados = 20            Frequentemente durante atividades atléticas ou outros exercícios pesados (ou incapaz de participação) = 15            Ocasionalmente em atividades diárias = 10            Frequentemente em atividades diárias = 5            Em cada passo = 0</p>	<p><b>Dor (25 pontos)</b>            Nenhuma = 25            Inconstante ou leve durante exercícios pesados = 20            Marcada durante exercícios pesados = 15            Marcada durante ou após caminhar mais de 2 Km = 10            Marcada durante ou após caminhar menos de 2 Km = 5            Constante = 0</p> <p><b>Inchaço (10 pontos)</b>            Nenhum = 10            Com exercícios pesados = 6            Com exercícios comuns = 2            Constante = 0</p> <p><b>Subindo escadas (10 pontos)</b>            Nenhum problema = 10            Levemente prejudicado = 6            Um degrau cada vez = 2            Impossível = 0</p> <p><b>Agachamento (5 pontos)</b>            Nenhum problema = 5            Levemente prejudicado = 4            Não além de 90 graus = 2            Impossível = 0</p> <p><b>Pontuação total:</b> _____</p>
<p><b>Quadro de pontuação:</b> Excelente: 95 – 100; Bom: 84 – 94; Regular: 65 – 83; Ruim: &lt; 64</p>	

## Anexo F - Escala de IKDC subjetivo

### FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO JOELHO

COMITÊ INTERNACIONAL DE DOCUMENTAÇÃO DO JOELHO (IKDC, 2000)

Nome: \_\_\_\_\_ Sexo: F \_\_\_ M \_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ Data de Nascimento: \_\_\_\_\_

Lesão: \_\_\_\_\_

Data da Lesão: \_\_\_\_\_

As respostas devem ser graduadas no mais alto nível de atividade que você acha que pode executar sem sintomas significativos, mesmo que você não esteja realizando-as regularmente.

#### SINTOMAS

1. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem sentir dor significativa no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude da dor no joelho

2. Desde sua lesão ou durante as últimas quatro semanas, com que frequência você tem sentido dor?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca												Constantemente

3. Se você tiver dor, qual a intensidade?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem dor												Pior dor imaginável

4. Desde a sua lesão ou durante as quatro últimas semanas quão rígido ou inchado esteve seu joelho?

- Nem um pouco
- Pouco
- Moderado
- Muito
- Extremamente

5. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem que cause inchaço significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do inchaço no joelho

6. Desde a sua lesão ou durante as últimas quatro semanas seu joelho já travou?

- Sim       Não

7. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem falseio significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do falseio no joelho

#### ATIVIDADES ESPORTIVAS

8. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode participar de forma regular?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do joelho

9. Quanto o seu joelho afeta a sua habilidade de:

		Sem Dificuldade	Fácil	Moderado	Difícil	Incapaz
a	Subir escadas					
b	Descer escadas					
c	Ajoelhar de frente					
d	Agachar					
e	Sentar com os joelhos dobrados					
f	Levantar-se de uma cadeira					
g	Correr para frente					
h	Saltar e aterrissar com a perna lesionada					
i	Frear e acelerar rapidamente					

#### FUNÇÃO

10. Em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 normal e 0 incapaz de realizar suas atividades diárias), como você avaliaria o seu joelho?

Funcionalidade anterior a lesão no joelho:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não consegue executar nenhuma atividade da vida diária												Sem limitações nas atividades da vida diária

Funcionalidade atual do joelho:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não consegue executar nenhuma atividade da vida diária												Sem limitações nas atividades da vida diária

---

---

# ***REFERÊNCIAS***

**8 REFERENCIAS**

1. Ingram JG, Fields SK, Yard EE, Comstock RD. Epidemiology of knee injuries among boys and girls in us high school athletics *Am J Sports Med.* 2008;36(6):1116-22.
2. McDermott ID, Amis AA. The consequences of meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(12):1549-56.
3. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(106):216-31.
4. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(2):260-7.
5. Wu JL, Seon JK, Gadikota HR, Hosseini A, Sutton KM, Gill TJ, Li G. In situ forces in the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament under simulated functional loading conditions. *Am J Sports Med.* 2010;38(3):558-63.
6. 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;20(6):551-5

7. Gardner EJ, Noyes FR, Jetter AW, Grood ES, Harms SP, Levy MS. Effect of anteromedial and posterolateral anterior cruciate ligament bundles on resisting medial and lateral tibiofemoral compartment subluxations. *Arthroscopy*. 2015;31(5):901-10
8. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am*. 2002;33(4):605-20.
9. Petersen W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopäde*. 2002;31(8):710-8.
10. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL-Y. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy*. 2003;19(3):297-304.
11. Garofalo R, Moretti B, Kombat C, Moretti L, Mouhsine E. Femoral tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction: rationale of the two incision technique. *J Orthop Surg Res*. 2007;2:10.
12. Hutchinson MR, Ash SA. Resident's ridge: assessing the cortical thickness of the lateral wall and roof of the intercondylar notch. *Arthroscopy*. 2003;19(9):931-5.

13. Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy*. 2007;23(11):1218-25.
14. van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy*. 2010;26(2):258-68.
15. Topliss C, Webb J. An audit of tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee*. 2001;8(1):59-63.
16. Jaureguito JW, Paulos LE. Why grafts fail. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;(325):25-41.
17. Johnson DL, Fu FH. Anterior cruciate ligament reconstruction: why do failures occur? *Instr Course Lect*. 1995;44:391-406.
18. Giffin JR, Harner CD. Failed anterior cruciate ligament surgery: overview of the problem. *Am J Knee Surg*. 2001;14(3):185-92.
19. 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.

20. Aglietti P, Buzzi R, D'Andria S, Zaccherotti G. Long-term study of anterior cruciate ligament reconstruction for chronic instability using the central one-third patellar tendon and a lateral extraarticular tenodesis. *Am J Sports Med.* 1992;20(1):38-45.
21. Fu FH, Jordan SS. The lateral intercondylar ridge--a key to anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2103-4.
22. 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 Joint Surg Am.* 2011;93(20):121-2.
23. Yamamoto Y, Hsu WH, Woo SL, Van Scyoc AH, Takakura Y, Debski RE. Knee stability and graft function after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of a lateral and an anatomical femoral tunnel placement. *Am J Sports Med.* 2004;32(8):1825-32.
24. Musahl V, Plakseychuk A, VanScyoc A, Sasaki T, Debski RE, McMahon PJ, Fu FH. Varying femoral tunnels between the anatomical footprint and isometric positions: effect on kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):712-8.
25. Franceschi F, Papalia R, Rizzello G, Del Buono A, Maffulli N, Denaro V. Anteromedial portal versus transtibial drilling techniques in anterior cruciate

ligament reconstruction: any clinical relevance? A retrospective comparative study. *Arthroscopy*. 2013;29(8):1330-7.

26. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodry M, Shen W, Fu FH. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(3):213-9.

27. Liu A, Sun M, Ma C, Chen Y, Xue X, Guo P, Shi Z, Yan S. Clinical outcomes of transtibial versus anteromedial drilling techniques to prepare the femoral tunnel during anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;25(9):2751-9.

28. Desai N, Björnsson H, Musahl V, Bhandari M, Petzold M, Fu FH, Samuelsson K. Anatomic single versus double-bundle ACL reconstruction: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(5):1009-23

29. Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, Verma NN, Cole BJ, Bush-Joseph C, Bach BR Jr. Does double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improve postoperative knee stability compared with single-bundle techniques? A systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy*. 2015;31(6):1185-96.

30. Mayr HO, Benecke P, Hoell A, Schmitt-Sody M, Bernstein A, Suedkamp NP, Stoehr A. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparative 2-year follow-up. *Arthroscopy*. 2016;32(1):34-42.

31. Cross MB, Musahl V, Bedi A, O'Loughlin P, Hammoud S, Suero E, Pearle AD. Anteromedial versus central single-bundle graft position: which anatomic graft position to choose? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;20(7):1276-81.
32. Middleton KK, Muller B, Araujo PH, Fujimaki Y, Rabuck SJ, Irrgang JJ, Tashman S, Fu FH. Is the native ACL insertion site "completely restored" using an individualized approach to single-bundle ACL-R? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2145-50.
33. Kawaguchi Y, Kondo E, Takeda R, Akita K, Yasuda K, Amis AA. The role of fibers in the femoral attachment of the anterior cruciate ligament in resisting tibial displacement. *Arthroscopy.* 2015;31(3):435-44.
34. Pearle AD, Shannon FJ, Granchi C, Wickiewicz TL, Warren RF. Comparison of 3-dimensional obliquity and anisometric characteristics of anterior cruciate ligament graft positions using surgical navigation. *Am J Sports Med.* 2008;36(8):1534-41.
35. Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res.* 1997;15(2):285-93.
36. 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 Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;20(8):1603-10.

37. Youm YS, Cho SD, Lee SH, Youn CH. Modified transtibial versus anteromedial portal technique in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of femoral tunnel position and clinical results. *Am J Sports Med.* 2014;42(12):2941-7.

38. Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train.* 2007;42(2):311-9.

39. Rochcongar P, Laboute E, Jan J, Carling C. Ruptures of the anterior cruciate ligament in soccer. *Int J Sports Med.* 2009;30(05):372-378.

40. Swenson DM, Collins CL, Best TM, Flanigan DC, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of knee injuries among U.S. High School Athletes, 2005/2006–2010/2011. *Med Sci Sports Exer.* 2013;45(3):462-9.

41. Nicolini AP, Carvalho RT de, Matsuda MM, Sayum Filho J, Cohen M. Common injuries in athletes' knee: experience of a specialized center. *Acta Ortop Bras.* 2014;22(3):127-31.

42. Rosa BB, Asperti AM, Helito CP, Demange MK, Fernandes TL, Hernandez AJ. Epidemiology of sports injuries on collegiate athletes at a single center. *Acta Ortop Bras.* 2014;22(6):321-4.
43. Kreiswirth EM, Myer GD, Rauh MJ. Incidence of injury among male brazilian jiu-jitsu fighters at the world jiu-jitsu no-gi championship 2009. *J Athl Train.* 2014;49(1):89-94.
44. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR Jr, Paletta GA Jr. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2363-70.
45. Bircher E. Die arthroendoskopie. *Zentralbl Chir.* 1921;48: 1460-1.
46. 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.* 2009;18(8):1075-84.
47. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(2):259-70.
48. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res.* 2004;22(1):85-9.

- 
49. Markolf KL, Gorek JF, Kabo JM, Shapiro MS. Direct measurement of resultant forces in the anterior cruciate ligament: an in vitro study performed with a new experimental technique. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(4):557-67.
50. Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(10):982-92.
51. Jordan SS, DeFrate LE, Nha KW, Papannagari R, Gill TJ, Li G. The in vivo kinematics of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament during weightbearing knee flexion. *Am J Sports Med.* 2007;35(4):547-54.
52. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* 1983;172:19-25.
53. Palmer I. On the injuries to the ligaments of the knee joint: a clinical study. *Acta Chir Scand.* 1938;91:1-282.
54. Petersen W, Tillmann B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol (Berl).* 1999;200(3):325-34.
55. Skelley NW, Castile RM, York TE, Gruev V, Lake SP, Brophy RH. Differences in the microstructural properties of the anteromedial and

posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):928-36.

56. Mochizuki T, Muneta T, Nagase T, Shirasawa S, Akita KI, Sekiya I. Cadaveric knee observation study for describing anatomic femoral tunnel placement for two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2006;22(4):356-61.

57. Mochizuki T, Fujishiro H, Nimura A, Mahakkanukrauh P, Yasuda K, Muneta T, Akita K. Anatomic and histologic analysis of the mid-substance and fan-like extension fibres of the anterior cruciate ligament during knee motion, with special reference to the femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(2):336-44.

58. Mérida-Velasco JA, Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J, Mérida-Velasco JR, Rodríguez-Vázquez JF, Jiménez-Collado J. Development of the human knee joint ligaments. *Anat Rec.* 1997;248(2):259-68.

59. Ratajczak W. Early development of the cruciate ligaments in staged human embryos. *Folia Morphol (Warsz).* 2000;59(4):285-90.

60. Tena-Arregui J, Barrio-Asensio C, Viejo-Tirado F, Puerta-Fonolla J, Murillo-Gonzalez J. Arthroscopic study of the knee joint in fetuses. *Arthroscopy.* 2003;19(8):862-8.

61. Dodds JA, Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament: a blueprint for repair and reconstruction. *Arthroscopy*. 1994;10(2):132-9.
62. Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, Carlin GJ, Kashiwaguchi S, Woo S. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy*. 1999;15(7):741-9.
63. Kopf S, Pombo MW, Szczodry M, Irrgang JJ, Fu FH. Size variability of the human anterior cruciate ligament insertion sites. *Am J Sports Med*. 2011;39(1):108-13.
64. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(2):257-62.
65. Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J. Femoral insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry and arthroscopic orientation models for double-bundle bone tunnel placement—a cadaver study. *Arthroscopy*. 2008;24(5):585-92.
66. Hara K, Mochizuki T, Sekiya I, Yamaguchi K, Akita K, Muneta T. Anatomy of normal human anterior cruciate ligament attachments evaluated by divided small bundles. *Am J Sports Med*. 2009;37(12):2386-91.

67. Iwahashi T, Shino K, Nakata K, Otsubo H, Suzuki T, Amano H, Nakamura N. Direct anterior cruciate ligament insertion to the femur assessed by histology and 3-dimensional volume-rendered computed tomography. *Arthroscopy*. 2010;26(9 suppl):S13-S20.
68. Sasaki N, Ishibashi Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Mizukami H, Toh S, Yagihashi S, Tonosaki Y. The femoral insertion of the anterior cruciate ligament: discrepancy between macroscopic and histological observations. *Arthroscopy*. 2012;28(8):1135-46.
69. Kopf S, Forsythe B, Wong AK, Tashman S, Anderst W, Irrgang JJ, Fu FH. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(6):1427-31.
70. Iriuchishima T, Tajima G, Shirakura K, Morimoto Y, Kubomura T, Horaguchi T, Fu FH. In vitro and in vivo AM and PL tunnel positioning in anatomical double bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011;131(8):1085-90.
71. Karlsson J, Irrgang JJ, van Eck CF, Samuelsson K, Mejia HA, Fu FH. Anatomic single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction, part 2: clinical application of surgical technique. *Am J Sports Med*. 2011;39(9):2016-26.

72. Iriuchishima T, Ingham SJM, Tajima G, et al. Evaluation of the tunnel placement in the anatomical double-bundle ACL reconstruction: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(9):1226-31.
73. Iriuchishima T, Ryu K, Aizawa S, Fu FH. The difference in centre position in the ACL femoral footprint inclusive and exclusive of the fan-like extension fibres. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):254-9.
74. Forsythe B, Kopf S, Wong AK, Martins CA, Anderst W, Tashman S, Fu FH. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(6):1418-26.
75. Zantop T, Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Fu FH, Petersen W. Anatomical and nonanatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: importance of femoral tunnel location on knee kinematics. *Am J Sports Med.* 2008;36(4):678-85.
76. Iriuchishima T, Yorifuji H, Aizawa S, Tajika Y, Murakami T, Fu FH. Evaluation of ACL mid-substance cross-sectional area for reconstructed autograft selection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;22(1):207-13.
77. Shino K, Nakata K, Nakamura N, Toritsuka Y, Horibe S, Nakagawa S, Suzuki T. Rectangular tunnel double-bundle anterior cruciate ligament

reconstruction with bone–patellar tendon–bone graft to mimic natural fiber arrangement. *Arthroscopy*. 2008;24(10):1178-83.

78. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Ciszek B, Ciszewska-Łysoń B, Siebold R. Ribbon like appearance of the midsubstance fibres of the anterior cruciate ligament close to its femoral insertion site: a cadaveric study including 111 knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(11):3143-50.

79. Yasuda K, van Eck CF, Hoshino Y, Fu FH, Tashman S. Anatomic single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction, part 1: basic science. *Am J Sports Med*. 2011;39(8):1789-99.

80. Robinson J, Stanford FC, Kendoff D, Stüber V, Pearle AD. Replication of the range of native anterior cruciate ligament fiber length change behavior achieved by different grafts: measurement using computer-assisted navigation. *Am J Sports Med*. 2009;37(7):1406-11.

81. Iriuchishima T, Shirakura K, Yorifuji H, Aizawa S, Fu FH. Size comparison of ACL footprint and reconstructed auto graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;21(4):797-803.

82. Hutchinson MR, Bae TS. Reproducibility of anatomic tibial landmarks for anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med*. 2001;29(6):777-80.

83. Farrow LD, Chen MR, Cooperman DR, Victoroff BN, Goodfellow DB. Morphology of the femoral intercondylar notch. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2150-5.
84. Tsukada S, Fujishiro H, Watanabe K, Nimura A, Mochizuki T, Mahakkanukrauh P, Yasuda K, Akita K. Anatomic variations of the lateral intercondylar ridge: relationship to the anterior margin of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2014;42(5):1110-7.
85. Hart A, Han Y, Martineau PA. The apex of the deep cartilage: a landmark and new technique to help identify femoral tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2015;31(9):1777-83.
86. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):204-13.
87. Petersen W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;454:35-47.
88. Kummer B, Yamamoto H. Funktionelle anatomie der kreuzbaender. *Arthroskopie.* 1988;1:2-10.
89. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and

intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. *Am J Sports Med.* 2001;29(1):58-66.

90. Triantafyllidi E, Paschos NK, Goussia A, Barkoula NM, Exarchos DA, Matikas TE, Malamou-Mitsi V, Georgoulis AD. The shape and the thickness of the anterior cruciate ligament along its length in relation to the posterior cruciate ligament: a cadaveric study. *Arthroscopy.* 2013;29(12):1963-73.

91. Tállay A, Lim MH, Bartlett J. Anatomical study of the human anterior cruciate ligament stump's tibial insertion footprint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(8):741-6.

92. Edwards A, Bull AM, Amis AA. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 1: tibial attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(12):1414-21.

93. Papachristou G, Sourlas J, Magnissalis E, Plessas S, Papachristou K. ACL reconstruction and the implication of its tibial attachment for stability of the joint: anthropometric and biomechanical study. *Int Orthop.* 2007;31(4):465-70.

94. Siebold R, Ellert T, Metz S, Metz J. Tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry, arthroscopic landmarks, and orientation model for bone tunnel placement. *Arthroscopy.* 2008;24(2):154-61.

95. Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP, Djan P, Bellier G, Sbihi A. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*. 2006;22(9):984-92.
96. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1995;11(3):275-88.
97. Zantop T, Petersen W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Oper Tech Orthop*. 2005;15(1):20-28.
98. Edwards A, Bull AMJ, Amis AA. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament. *Clin Exp Nephrol*. 2011;15(12):1414-21.
99. McGuire DA, Hendricks SD, Sanders HM. The relationship between anterior cruciate ligament reconstruction tibial tunnel location and the anterior aspect of the posterior cruciate ligament insertion. *Arthroscopy*. 1997;13(4):465-73.
100. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(2):243-7.

101. Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56(2):223-35.
102. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(7):1072-6.
103. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi V, Pappa S, Papageorgiou CO, Agnantis NJ, Soucacos PN. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(6):364-8
104. 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.
105. Gao F, Zhou J, He C, Ding J, Lou Z, Xie Q, Li H, Li F, Li G. A morphologic and quantitative study of mechanoreceptors in the remnant stump of the human anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2015;32(2):273-80.
106. Shin YS, Ro KH, Lee JH, Lee DH. Location of the femoral tunnel aperture in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of the

transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques. *Am J Sports Med.* 2013;41(11):2533-9.

107. Bach BR Jr, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH. Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft five-to nine-year follow-up evaluation. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):20-9.

108. Kocher MS, Steadman JR, Briggs K, Zurakowski D, Sterett WI, Hawkins RJ. Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A(9):1560-72.

109. Kaseta MK, DeFrate LE, Charnock BL, Sullivan RT, Garrett WE. Reconstruction technique affects femoral tunnel placement in ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(6):1467-74.

110. Marchant BG, Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1987-96.

111. Lubowitz JH. Anteromedial portal technique for the anterior cruciate ligament femoral socket: pitfalls and solutions. *Arthroscopy.* 2009;25(1):95-101.

112. Rue JPH, Ghodadra N, Bach BR. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study relating

---

transtibial lateralized femoral tunnel position to the anteromedial and posterolateral bundle femoral origins of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2007;36(1):73-9

113. Gavriilidis I, Motsis EK, Pakos EE, Georgoulis AD, Mitsionis G, Xenakis TA. Transtibial versus anteromedial portal of the femoral tunnel in ACL reconstruction: A cadaveric study. *Knee.* 2008;15(5):364-7.

114. Brophy RH, Pearle AD. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of conventional, central, and horizontal single-bundle virtual graft positions. *Am J Sports Med.* 2009;37(7):1317-23.

115. Herbort M, Lenschow S, Fu FH, Petersen W, Zantop T. ACL mismatch reconstructions: influence of different tunnel placement strategies in single-bundle ACL reconstructions on the knee kinematics. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(11):1551-8.

116. Musahl V, Voos JE, O'Loughlin PF, Choi D, Stueber V, Kendoff D, Pearle AD. Comparing stability of different single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction techniques: a cadaveric study using navigation. *Arthroscopy.* 2010;26(9 Suppl):S41-8

117. Voos JE, Musahl V, Maak TG, Wickiewicz TL, Pearle AD. Comparison of tunnel positions in single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions using computer navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(9):1282-9.

118. Kondo E, Merican AM, Yasuda K, Amis AA. Biomechanical comparison of anatomic double-bundle, anatomic single-bundle, and nonanatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2011;39(2):279-88.
119. Bedi A, Maak T, Musahl V, O'Loughlin P, Choi D, Citak M, Pearle AD. Effect of tunnel position and graft size in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an evaluation of time-zero knee stability. *Arthroscopy.* 2011;27(11):1543-51.
120. Lim H-C, Yoon Y-C, Wang JH, Bae J-H. Anatomical versus non-anatomical single bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of comparison of knee stability. *Clin Orthop Surg.* 2012;4(4):249-55.
121. Tompkins M, Milewski MD, Brockmeier SF, Gaskin CM, Hart JM, Miller MD. Anatomic femoral tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstruction: use of an accessory medial portal versus traditional transtibial drilling. *Am J Sports Med.* 2012;40(6):1313-21.
122. Lee JS, Kim TH, Kang SY, Lee SH, Jung YB, Koo S, Chang SH, Lee WB, Jung HJ. How isometric are the anatomic femoral tunnel and the anterior tibial tunnel for anterior cruciate ligament reconstruction? *Arthroscopy.* 2012;28(10):1504–12.

123. Lubowitz JH. Anatomic ACL reconstruction produces greater graft length change during knee range-of-motion than transtibial technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;22(5):1190-5.

124. Matsubara H, Okazaki K, Osaki K, Tashiro Y, Mizu-Uchi H, Hamai S, Iwamoto Y. Optimal entry position on the lateral femoral surface for outside-in drilling technique to restore the anatomical footprint of anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;24(9):2758-66.

125. Harms SP, Noyes FR, Grood ES, Jetter AW, Huser LE, Levy MS, Gardner EJ. Anatomic single-graft anterior cruciate ligament reconstruction restores rotational stability: a robotic study in cadaveric knees. *Arthroscopy.* 2015;31(10):1981-90.

126. Kato Y, Ingham SJ, Kramer S, Smolinski P, Saito A, Fu FH. Effect of tunnel position for anatomic single-bundle ACL reconstruction on knee biomechanics in a porcine model. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;18(1):2-10.

127. Fernandes TL. *Avaliação da estabilidade articular do joelho na reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior nas posições central e anteromedial em cadáveres: estudo randomizado* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

128. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate

ligament–reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthroscopy*. 2007;23(12):1326-33.

129. Dargel J, Schmidt-Wiethoff R, Fischer S, Mader K, Koebke J, Schneider T. Femoral bone tunnel placement using the transtibial tunnel or the anteromedial portal in ACL reconstruction: a radiographic evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;17(3):220-7.

130. Kim MK, Lee BC, Park JH. Anatomic single bundle anterior cruciate ligament reconstruction by the two anteromedial portal method: the comparison of transportal and transtibial techniques. *Knee Surg Relat Res*. 2011;23(4):213-9.

131. Yau WP, Fok AWM, Yee DKH. Tunnel positions in transportal versus transtibial anterior cruciate ligament reconstruction: a case-control magnetic resonance imaging study. *Arthroscopy*. 2013;29(6):1047-52.

132. Wang H, Fleischli JE, Zheng N. Transtibial versus anteromedial portal technique in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: outcomes of knee joint kinematics during walking. *Am J Sports Med*. 2013;41(8):1847-56.

133. Hensler D, Working ZM, Illingworth KD, Tashman S, Fu FH. Correlation between femoral tunnel length and tunnel position in ACL reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(22):2029-34.

134. Porter MD, Shadbolt B. "Anatomic" single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction reduces both anterior translation and internal rotation during the pivot shift. *Am J Sports Med.* 2014;42(12):2948-54.
135. Lee KW, Hwang YS, Chi YJ, Yang DS, Kim HY, Choy WS. Anatomic single bundle anterior cruciate ligament reconstruction by low accessory anteromedial portal technique: an in vivo 3d ct study. *Knee Surg Relat Res.* 2014;26(2):97-105.
136. Pansard E, Klouche S, Vardi G, Greeff E, Hardy P, Ferguson M. How accurate are anatomic landmarks for femoral tunnel positioning in anterior cruciate ligament reconstruction? An in vivo imaging analysis comparing both anteromedial portal and outside-in techniques. *Arthroscopy.* 2015;31(5):882-9.
137. Lee DH, Kim HJ, Ahn HS, Bin SI. Comparison of femur tunnel aperture location in patients undergoing transtibial and anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;24(12):3713-21.
138. Beynnon BD, Fleming BC, Johnson RJ, Nichols CE, Renström PA, Pope MH. Anterior cruciate ligament strain behavior during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med.* 1995;23(1):24-34.
139. Krogsgaard M, Solomonow M. The sensory function of ligaments. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002;12(3):165.

140. 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.* 2011;101(7):807-10.
141. Duarte M, Freitas S. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92.
142. O'Connell M, George K, Stock D. Postural sway and balance testing: a comparison of normal and anterior cruciate ligament deficient knees. *Gait Posture.* 1998;8(2):136-42.
143. 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;10(3):277-83.
144. Shiraishi M, Mizuta H, Kubota K, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K. Stabilometric assessment in the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Clin J Sport Med.* 1996;6(1):32-9.
145. Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Dodd CA. Proprioception after rupture of the anterior cruciate ligament. An objective indication of the need for surgery? *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75(2):311-5.

146. Fridén T, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U. Disability in anterior cruciate ligament insufficiency. An analysis of 19 untreated patients. *Acta Orthop Scand.* 1990;61(2):131-5.
147. Reed-Jones RJ, Vallis LA. Proprioceptive deficits of the lower limb following anterior cruciate ligament deficiency affect whole body steering control. *Exp Brain Res.* 2007;182(2):249-60.
148. Roberts D, Fridén T, Zätterström R, Lindstrand A, Moritz U. Proprioception in people with anterior cruciate ligament-deficient knees: comparison of symptomatic and asymptomatic patients. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(10):587-94.
149. Bonfim TR, Grossi DB, Paccola C, Barela JA. Efeito de informação sensorial adicional na propriocepção e equilíbrio de indivíduos com lesão do LCA. *Acta Ortop Bras.* 2009;17(5):291-6.
150. Zemkova E, Vlašič M. The effect of instability resistance training on neuromuscular performance in athletes after anterior cruciate ligament injury. *Sport Sci.* 2009;2(1):17-23.
151. Ahmed M, Mosalem D, Khairat S, Ismail T. Evaluation of dynamic posturography in anterior cruciate ligament injury patients. *Maced J Med Sci.* 2011;4(2):167-73.

152. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3(4):193-214.
153. Scoppa F, Capra R, Gallamini M, Shiffer R. Clinical stabilometry standardization: basic definitions--acquisition interval--sampling frequency. *Gait Posture*. 2013;37(2):290-2.
154. Zätterström R, Fridén T, Lindstrand A, Moritz U. The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1994;22(4):531-6.
155. Gauffin H, Pettersson G, Tegner Y, Tropp H. Function testing in patients with old rupture of the anterior cruciate ligament. *Int J Sports Med*. 1990;11(01):73-7.
156. Ageberg E, Zätterström R, Moritz U, Fridén T. Influence of supervised and nonsupervised training on postural control after an acute anterior cruciate ligament rupture: a three-year longitudinal prospective study. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31(11):632-44.
157. Ageberg E, Roberts D, Holmström E, Fridén T. The effect of short-duration sub-maximal cycling on balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: a cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2004;5:44.

158. Bagga TK, Vaishya R, Jaffray DC. Dynamic assessment of anterior cruciate ligament using an electronic force plate. *Acta Orthop Belg.* 1991;57(1):7-10.
159. Lysholm M, Ledin T, Ödkvist LM, Good L. Postural control - a comparison between patients with chronic anterior cruciate ligament insufficiency and healthy individuals. *Scand J Med Sci Sports.* 1998;8(6):432-8.
160. Hoffman M, Schrader J, Koceja D. An investigation of postural control in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction patients. *J Athl Train.* 1999;34(2):130-136.
161. Hufschmidt A, Dichgans J, Mauritz KH, Hufschmidt M. Some methods and parameters of body sway quantification and their neurological applications. *Arch Psychiatr Nervenkr (1970).* 1980;228(2):135-50.
162. Henriksson A, Ledin T, Good L. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. *Am J Sports Med.* 2001;29(3):359-66.
163. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1217-23.

- 
164. Ageberg E, Roberts D, Holmström E, Fridén T. Balance in single-limb stance in patients with anterior cruciate ligament injury: relation to knee laxity, proprioception, muscle strength, and subjective function. *Am J Sports Med.* 2005;33(10):1527-35.
165. Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CAJ, Barela JA. Additional sensory information reduces body sway of individuals with anterior cruciate ligament injury. *Neurosci Lett.* 2008;441(3):257-60.
166. 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.
167. Howells BE, Ardern CL, Webster KE. Is postural control restored following anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(7):1168-77.
168. 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 Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(7):1491-504.
169. Goetschius J, Kuenze CM, Saliba S, Hart JM. Reposition acuity and postural control after exercise in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(12):2314-21.

170. 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;28:101.
171. Ma Y, Deie M, Iwaki D, Asaeda M, Fujita N, Adachi N, Ochi M. Balance ability and proprioception after single-bundle, single-bundle augmentation, and double-bundle ACL reconstruction. *ScientificWorldJournal*. 2014;2014:342012.
172. 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;87(3):337-49.
173. 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. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;28(1):23-31.
174. 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.
175. Kramer JF, Nusca D, Fowler P, Webster-Bogaert S. Test-retest reliability of the one-leg hop test following ACL reconstruction. *Clin J Sport Med*. 1992;3:10-18.

176. Brosky JA, Nitz AJ, Malone TR, Caborn DN, Rayens MK. Intrarater reliability of selected clinical outcome measures following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(1):39-48.
177. Hopper DM, Goh SC, Wentworth LA. Test–retest reliability of knee rating scales and functional hop tests one year following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther Sport.* 2002;3(1):10-8.
178. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *Am J Sports Med.* 1991;19(5):513-8.
179. Morrissey MC, Hooper DM, Drechsler WI, Hill HJ. Relationship of leg muscle strength and knee function in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports.* 2004;14(6):360-6.
180. Gustavsson A, Neeter C, Thomeé P, Silbernagel KG, Augustsson J, Thomeé R, Karlsson J. 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;14(8):778-88.
181. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, Hewett TE. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1968-78.

182. Lynch AD, Logerstedt DS, Grindem H. Consensus criteria for defining “successful outcome” after ACL injury and reconstruction: a Delaware-Oslo ACL cohort investigation. *Br J Sports Med.* 2015;49(5):335-42.
183. Hewett TE, Di Stasi SL, Myer GD. Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):216-24.
184. Fernandes TL, Protta TR, Fregni F, Neto RB, Pedrinelli A, Camanho GL, Hernandez AJ. 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;20(2):275-80.
185. 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(1):22-9.
186. Anderson JL, Lamb SE, Barker KL, Davies S, Dodd CA, Beard DJ. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction - A comparison between hamstrings and patella tendon graft procedures on 45 patients. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(5):546-52.

187. Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, et al. Functional performance testing after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Orthop J Sports Med.* 2014;2(1):2325967113518305.
188. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, et al. Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *Br J Sports Med.* 1998;32(4):309-14.
189. 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.
190. Makhni EC, Padaki AS, Petridis PD, Steinhaus ME, Ahmad CS, Cole BJ, Bach BR Jr. High variability in outcome reporting patterns in high-impact acl literature. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(18):1529-42.
191. Bream E, Charman SC, Clift B, Murray D, Black N. Relationship between patients“ and clinicians” assessments of health status before and after knee arthroplasty. *Qual Saf Health Care.* 2010;19(6):e6.
192. Grevnerts HT, Terwee CB, Kvist J. The measurement properties of the IKDC-subjective knee form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(12):3698-706

193. Wang D, Jones M, Khair M, Miniaci A. Patient-reported outcome measures for the knee. *J Knee Surg.* 2010;23(03):137-151.
194. Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, Bouter LM, de Vet HC. The COSMIN study reached international consensus on taxonomy, terminology, and definitions of measurement properties for health-related patient-reported outcomes. *J Clin Epidemiol.* 2010;63(7):737-45.
195. 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.
196. 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.
197. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1985;198:43-9.
198. Halasi T, Kynsburg A, Tallay A, Berkes I. Development of a new activity score for the evaluation of ankle instability. *Am J Sports Med.* 2004;32(4):899-908.

199. Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med.* 2009;37(5):898-901.
200. Rodkey WG, DeHaven KE, Montgomery WH 3rd, Baker CL Jr, Beck CL Jr, Hormel SE, Steadman JR, Cole BJ, Briggs KK. Comparison of the collagen meniscus implant with partial meniscectomy. A prospective randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(7):1413-26.
201. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* 1982;10(3):150-4.
202. Demirdjian AM, Petrie SG, Guanche CA, Thomas KA. The outcomes of two knee scoring questionnaires in a normal population. *Am J Sports Med.* 1998;26(1):46-51.
203. Hefti F, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1(3-4):226-34.
204. 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 Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2011;63 Suppl 11:S208-28.

205. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*. 2001;29(5):600-13.

206. Haverkamp D, Sierevelt IN, Breugem S. Translation and validation of the Dutch version of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*. 2006;34(10):1680-4.

207. Padua R, Bondi R, Ceccarelli E, Bondi L, Romanini E, Zanoli G, Campi S. Italian version of the international knee documentation committee subjective knee form: cross-cultural adaptation and validation. *Arthroscopy*. 2004;20(8):819-23.

208. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ, International Knee Documentation Committee. The international knee documentation committee subjective knee evaluation form: normative data. *Am J Sports Med*. 2006;34(1):128-35.

209. Kocher MS, Smith JT, Iversen MD, Brustowicz K, Ogunwole O, Andersen J, Yoo WJ, McFeely ED, Anderson AF, Zurakowski D. Reliability, validity, and responsiveness of a modified International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form (Pedi-IKDC) in children with knee disorders. *Am J Sports Med.* 2011;39(5):933-9.
210. Metsavaht L, Leporace G, Riberto M, de Mello Sposito MM, Batista LA. Translation and cross-cultural adaptation of the brazilian version of the international knee documentation committee subjective knee form: validity and reproducibility. *Am J Sports Med.* 2010;38(9):1894-9.
211. Daniel KM, Stone ML, Riehl B, Moore MR. A measurement of lower limb function: the one leg hop for distance. *Am J Knee Surg.* 1982;1:212-214.
212. Fernandes TL, Fregni F, Weaver K, Pedrinelli A, Camanho GL, Hernandez AJ. The influence of femoral tunnel position in single-bundle ACL reconstruction on functional outcomes and return to sports. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(1):97-103.
213. Gillquist J, Good L. Load and length changes in an artificial ligament substitute. 10 cases of anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand.* 1993;64(5):575-9.

214. Penner DA, Daniel DM, Wood P, Mishra D. An in vitro study of anterior cruciate ligament graft placement and isometry. *Am J Sports Med.* 1988;16(3):238-43.
215. Steiner ME, Battaglia TC, Heming JF, Rand JD, Festa A, Baria M. Independent drilling outperforms conventional transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1912-9.
216. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy.* 2004;20(3):294-9.
217. Lee MC, Seong SC, Lee S, Chang CB, Park YK, Jo H, Kim CH. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2007;23(7):771-8.
218. Duquin TR, Wind WM, Fineberg MS, Smolinski RJ, Buyea CM. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg.* 2009;22(1):7-12.
219. Chechik O, Amar E, Khashan M, Lador R, Eyal G, Gold A. An international survey on anterior cruciate ligament reconstruction practices. *Int Orthop.* 2012;37(2):201-6.

220. Ambra LFM, Rezende FC, Xavier B, Shumaker FC, da Silveira Franciozi CE, Luzo MVM. Anterior cruciate ligament reconstruction: how do we perform it? Brazilian orthopedic surgeons' preference. *Int Orthop*. 2016;40(3):595-600.
221. Gougoulas N, Khanna A, Griffiths D, Maffulli N. ACL reconstruction: can the transtibial technique achieve optimal tunnel positioning? A radiographic study. *Knee*. 2008;15(6):486-90.
222. Youm YS, Cho SD, Eo J, Lee KJ, Jung KH, Cha JR. 3D CT analysis of femoral and tibial tunnel positions after modified transtibial single bundle ACL reconstruction with varus and internal rotation of the tibia. *Knee*. 2013;20(4):272-6.
223. Nha K-W, Han J-H, Kwon J-H, Kang K-W, Park H-J, Song J-G. Anatomical single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using a freehand transtibial technique. *Knee Surg Relat Res*. 2015;27(2):117-22.
224. Kawaguchi K, Tanaka S, Yoshitomi H, Nagai I, Sato W, Karita T, Kondo T. Double figure-of-eight reconstruction technique for chronic anterior sternoclavicular joint dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(5):1559-62.
225. van Eck CF, Martins CAQ, Vyas SM, Celentano U, van Dijk CN, Fu FH. Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(9):1257-62.

226. Bedi A, Raphael B, Maderazo A, Pavlov H, Williams RJ. Transtibial versus anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of femoral tunnel length and obliquity. *Arthroscopy*. 2010;26(3):342-50.
227. Dave LYH, Nyland J, Caborn DNM. Knee flexion angle is more important than guidewire type in preventing posterior femoral cortex blowout: a cadaveric study. *Arthroscopy*. 2012;28(10):1381-7.
228. Basdekis G, Abisafi C, Christel P. Effect of knee flexion angle on length and orientation of posterolateral femoral tunnel drilled through anteromedial portal during anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2009;25(10):1108-14.
229. Farrow LD, Parker RD. The relationship of lateral anatomic structures to exiting guide pins during femoral tunnel preparation utilizing an accessory medial portal. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010;18(6):747-53.
230. Ilahi OA, Ventura NJ, Qadeer AA. Femoral tunnel length: accessory anteromedial portal drilling versus transtibial drilling. *Arthroscopy*. 2012;28(4):486-91.
231. Kim JG, Wang JH, Lim H-C, Ahn J-H. Femoral graft bending angle and femoral tunnel geometry of transportal and outside-in techniques in anterior

cruciate ligament reconstruction: an in vivo 3-dimensional computed tomography analysis. *Arthroscopy*. 2012;28(11):1682-94.

232. LaPrade RF, Moulton SG, Nitri M, Mueller W, Engebretsen L. Clinically relevant anatomy and what anatomic reconstruction means. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(10):2950-9.

233. Johnson DS, Smith RB. Outcome measurement in the ACL deficient knee - what's the score? *Knee*. 2001;8(1):51-7.

234. Salmon L, Russell V, Musgrove T, Pinczewski L, Refshauge K. Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2005;21(8):948-57.

235. Fridén T, Roberts D, Ageberg E, Waldén M, Zätterström R. Review of knee proprioception and the relation to extremity function after an anterior cruciate ligament rupture. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001;31(10):567-76.

236. Denti M, Randelli P, Vetere Lo D, Moiola M, Bagnoli I, Cawley PW. Motor control performance in the lower extremity: normals vs. anterior cruciate ligament reconstructed knees 5-8 years from the index surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8(5):296-300.

237. Terreri ASAP, Greve JMD, Amatuizzi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte*. 2001;7(5):170-4.

238. Lee DH, Lee JH, Jeong HJ, Lee SJ. Serial changes in knee muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts. *Arthroscopy*. 2015;31(5):890-5.
239. Tjong VK, Murnaghan ML, Nyhof-Young JM, Ogilvie-Harris DJ. A qualitative investigation of the decision to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction: to play or not to play. *Am J Sports Med*. 2014;42(2):336-42.
240. 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;45(7):596-606.
241. Patterson MR, Delahunt E. A diagonal landing task to assess dynamic postural stability in ACL reconstructed females. *Knee*. 2013;20(6):532-6.