

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA: CIÊNCIAS CIRÚRGICAS

EDUARDO ZANIOL MIGON

CORRELAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO DO TÚNEL TIBIAL E A  
SOBRECARGA MEDIAL NA RECONSTRUÇÃO INTRA-ARTICULAR DO  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM TENDÃO SEMITENDINOSO E GRÁCIL.

PORTO ALEGRE  
2014

EDUARDO ZANIOL MIGON

CORRELAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO DO TÚNEL TIBIAL E A  
SOBRECARGA MEDIAL NA RECONSTRUÇÃO INTRA-ARTICULAR DO  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM TENDÃO SEMITENDINOSO E GRÁCIL.

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do grau de Mestre em Ciências  
Cirúrgicas.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Ellera Gomes

PORTO ALEGRE  
2014

## FICHA CATALOGRÁFICA

## AGRADECIMENTOS E DEDICATÓRIAS

Agradeço aos meus pais, Ivo e Maria do Rosario, que dedicaram as suas vidas para que eu pudesse sempre perseguir os meus sonhos. Abdicaram dos seus. Mais: assumiram os meus como seus.

Agradeço à minha dedicada esposa, Ana, por sua compreensão com meus compromissos e longos períodos de ausência. Suas palavras de apoio e otimismo foram e sempre serão fundamentais para minha caminhada.

Agradeço ao Prof. João Luiz Ellera Gomes, que me acolheu como seu aluno de mestrado e cuja inteligência e perspicácia são fonte de contínua e renovável inspiração.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e seu corpo docente, pela qualidade do programa oferecido. Espero que meus filhos tenham a mesma oportunidade de cursar a graduação e a pós-graduação em universidades públicas de qualidade, tal qual eu tive.

Agradeço a Deus, por uma vida tão abençoada.



## RESUMO

**Introdução:** O ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal restritor à translação tibial anterior. O tratamento indicado para indivíduos atleticamente ativos é cirúrgico. Apesar de serem encontradas descrições de bons-excelentes resultados em mais de 90% dos casos, ainda há complicações relevantes, sendo a evolução para a artrose uma ocorrência frequente. Sabe-se que pacientes com desvio do eixo em varo, lesões condrais mediais e/ou meniscectomia medial têm maior evolução para artrose do compartimento medial. A realização da reconstrução intra-articular clássica, com tensionamento do enxerto e fixação do mesmo no túnel tibial, o qual tem ponto de entrada na metáfise medial, pode ser causa de sobrecarga medial.

**Objetivo:** O presente estudo visa comparar duas técnicas de reconstrução intra-articular do LCA distintas entre si apenas no que tange ao ponto de entrada tibial (metáfise medial ou lateral) e o resultante grau de sobrecarga medial.

**Método:** Estudo transversal, não randomizado, experimental em cadáveres. Três cadáveres (06 joelhos) foram submetidos à reconstrução intra-articular do ligamento cruzado anterior. Foi mensurado o grau de abertura articular medial em milímetros (mm) a 0 e 20° de flexão durante o estresse controlado em valgo (40 N) em quatro situações: LCA íntegro (grupo I), LCA seccionado (Grupo S), LCA reconstruído com o ponto de entrada do túnel tibial na posição clássica anteromedial (Grupo RC) e LCA reconstruído com o ponto de entrada do túnel tibial na posição alternativa anterolateral (Grupo RA).

**Resultados:** A média de abertura medial a 0 e a 20 graus de flexão foram respectivamente de 3,48 e 3,55 (grupo I), 5,82 e 5,97 (grupo S), 3,22 e 3,27 (grupo RC), 5,27 e 5,28 (Grupo RA). Houve diferença significativa entre todos os grupos, com exceção da comparação Grupo I x Grupo RC, tanto a 0 como a 20 graus de flexão.

**Conclusão:** O túnel tibial com entrada na região anterolateral da metáfise tibial lateral causa menor restrição medial do que a técnica de posicionamento clássico do túnel.

**Palavras-chave:** Ligamento cruzado anterior do joelho. Artrose do joelho. Túnel tibial.

## ABSTRACT

**Introduction:** Anterior Cruciate Ligament (ACL) is the main stabilizer of the anterior tibial translation. Surgical treatment usually is indicated for Young and active individuals. Even though good to excellent results are expected in 90% of the cases, there are several complications, and arthrosis progression still is a concern. Varus, condral and menisci injuries are well known risk of factors to gonarthrosis. Classic intra-articular ACL reconstruction with medial sided tibial tunnel positioning and tensioning can be a cause of medial compartment overload.

**Purpose:** The present study aims to compare two similar intra-articular ACL reconstructions, differing one another only by the tibial tunnel entry, and its effect on medial compartment load.

**Methods:** Transversal, non-randomized, experimental biomechanical study. ACL reconstruction was performed in three fresh cadavers (06 knees). Medial joint opening was measured in terms of millimeters (mm) during controlled valgus stress (40 N) both at 0 and 20 degrees of flexion. The specimens were tested in the intact state (group I) and after sectioning of ACL (group S). Also, they were tested after ACL reconstruction with medial (group MT) and lateral tunnel fixation (group LT).

**Results:** Mean medial joint opening at 0 and 20 degrees of flexion were respectively 3,48 and 3,55 (group I), 5,82 and 5,97 (group S), 3,22 and 3,27 (group MT), 5,27 and 5,28 (group LT). Statistically significant difference occurred in comparisons between all groups, but in group I x MT, both at 0 and 20 degrees of flexion.

**Conclusion:** The lateral based tibial tunnel for ACL reconstruction leads to lesser medial joint overload than the classic medial one.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament of the knee. Knee arthrosis. Tibial tunnel.

## LISTA DE SIGLAS

<b>DML</b>	Departamento Médico Legal
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>GPPG-HCPA</b>	Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação – Hospital de Clínicas de Porto Alegre
<b>Grupo I</b>	Grupo com LCA intacto
<b>Grupo S</b>	Grupo com LCA seccionado
<b>Grupo RC</b>	Grupo reconstrução clássica
<b>Grupo RA</b>	Grupo reconstrução alternativa
<b>IKDC</b>	<i>International Knee Documentation Committee</i>
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>LCA</b>	Ligamento cruzado anterior
<b>LCM</b>	Ligamento colateral medial
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mm<sup>2</sup></b>	milímetros quadrados
<b>N</b>	Newton(s)
<b>RM</b>	Ressonância magnética

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
	REFERÊNCIAS.....	10
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1	O ligamento cruzado anterior (LCA).....	12
2.1.1	Epidemiologia da lesão do LCA.....	12
2.1.2	Fatores de risco para a lesão do LCA.....	12
2.1.3	Anatomia do LCA.....	12
2.1.4	Biomecânica do LCA.....	13
2.1.5	Semiologia da lesão do LCA.....	14
2.1.6	Imagética aplicada à lesão do LCA.....	14
2.1.7	Tratamento da lesão do LCA.....	15
2.1.8	Tratamento cirúrgico da lesão do LCA.....	16
2.1.9	A lesão do LCA e a evolução para artrose do joelho.....	18
2.1.9.1	Contusão do osso subcondral.....	19
2.1.9.2	Lesões meniscais.....	19
2.1.9.3	Resposta inflamatória aumentada.....	19
2.1.9.4	Instabilidade articular e biomecânica alterada.....	20
2.1.9.5	Deformidade em varo do membro inferior.....	20
2.1.10	A reconstrução do LCA e a evolução para artrose do joelho.....	20
2.1.11	Fatores de risco para gonartrose pós-reconstrução do LCA.....	23
2.1.11.1	Índice de massa corpórea.....	23
2.1.11.2	Lesões meniscais e condrais.....	23
2.1.11.3	Intervalo aumentado entre a ruptura e o procedimento cirúrgico.....	23
2.1.11.4	Uso de enxerto de tendão patelar.....	24
2.1.11.5	Redução da amplitude de movimento do joelho operado.....	24
2.1.12	O manejo da artrose do joelho com deficiência do LCA.....	25
	REFERÊNCIAS.....	27
3	Hipóteses.....	37
4	OBJETIVO GERAL.....	38

5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
5.1	Delineamento da Pesquisa.....	39
5.2	Amostra.....	39
5.2.1	Critérios de inclusão.....	39
5.2.2	Critérios de exclusão.....	39
5.2.3	Amostragem.....	39
5.2.4	Consentimento livre e esclarecido.....	39
5.3	Procedimentos.....	40
5.3.1	Grupos estudados.....	40
5.4	Randomização.....	42
5.5	Mascaramento.....	42
5.6	Variáveis.....	42
5.6.1	Variáveis primárias.....	42
5.7	Método estatístico.....	43
5.7.1	Cálculo do tamanho da amostra.....	43
5.7.2	Análise estatística.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44
	ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS.....	45
	ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS.....	55
	REFERÊNCIAS/REFERENCES.....	65
6	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS.....	70
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO ESCLARECIDO.....	72
	APÊNDICE B – MODELO DE FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS....	74





## 1 INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal restritor à translação tibial anterior. Além da sua importância biomecânica, a sua lesão tem relevante incidência<sup>1</sup> e é responsável por mais 80.000 a 250.000 procedimentos cirúrgicos anualmente nos Estados Unidos da América.<sup>2</sup> Sua relevância médica é salientada pelo fato de acometer indivíduos jovens e ativos (pico de incidência do 15 aos 25 anos), constituintes de uma camada da população economicamente ativa.

Apesar de ser considerado um procedimento cirúrgico de reconhecido sucesso,<sup>3,4</sup> ainda existem complicações de difícil solução, entre elas, a evolução para a artrose.<sup>5,6</sup> Embora não haja consenso acerca da gênese da gonartrose pós-lesão do LCA, há uma miríade de possíveis fatores implicados nessa evolução, tais como a contusão do osso subcondral,<sup>7-11</sup> as lesões meniscais,<sup>12-15</sup> a instabilidade articular residual e biomecânica alterada.<sup>16,17</sup>

Apesar de não haver um conhecimento completo das causas do surgimento da gonartrose pós-reconstrução do LCA, há vários fatores implicados nessa evolução, tais como o aumento do índice de massa corporal (IMC), lesões meniscais e condrais, intervalo aumentado entre a ruptura e o procedimento cirúrgico, uso de enxerto de tendão patelar<sup>18,19</sup> e diminuição da amplitude de movimento.<sup>20</sup>

Entretanto, não há na literatura, descrição acerca da implicação da posição dos túneis tibiais na fisiopatogenia da artrose pós-reconstrução do LCA. Tomando-se como analogia as reconstruções extra-articulares, baseadas na tenodese do trato ilio-tibial, um dos motivos do seu abandono por alguns autores, além da instabilidade residual em alguns casos, foi o desenvolvimento de artrose no compartimento lateral do joelho.<sup>21</sup> Da mesma forma, a reconstrução intra-articular realizada com túneis tibial e femoral na posição anatômica e com tensionamento do enxerto a partir de uma posição medial da tíbia poderia levar a uma sobrecarga medial, com aumento das taxas de evolução para artrose, especialmente para pacientes com meniscectomia medial ou com desvio do eixo mecânico em varo.



## REFERÊNCIAS

1. GIANOTTI, S. M.; MARSHALL S. W.; HUME P. A. et al. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Victoria, v. 12, n. 6, p. 622-627, nov. 2009.
2. GRIFFIN, L. Y.; AGEL J.; ALBOHM M. J. et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, v. 8, n. 3, p. 141-150, may./jun. 2000.
3. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 458, p. 180-187, may 2007.
4. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *British Medical Journal*, v. 332, n. 7548, p. 995-1001, apr. 2006.
5. STRUEWER, J.; ZIRING E.; FRANGEN T. M. et al. Clinical outcome and prevalence of osteoarthritis after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring graft: follow-up after two and ten years. *International Orthopaedics*, Berlin, v. 37, n. 2, p. 271-277, feb. 2013.
6. ØIESTAD B. E.; HOLM I.; ENGBRETSSEN L. et al. The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 21, n. 4, p. 942-949, apr. 2013.
7. COSTA-PAZ, M.; MUSCOLO D. L.; AYERZA M. et al. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 17, n. 5, p. 445-449, may 2001.
8. MEYER, E. G.; BAUMER T. G.; SLADE J. M. et al. Tibiofemoral contact pressures and osteochondral microtrauma during anterior cruciate ligament rupture due to excessive compressive loading and internal torque of the human knee. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 10, p. 1966-1977, oct. 2008.
9. SANDERS, T. G.; MEDYNSKI, M. A.; FELLER, J. F. et al. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics*, Oak Brook, v. 20, Suppl. 1, p. S135-151, oct. 2000.
10. FABER, K. J.; DILL J. R.; AMENDOLA A. et al. Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 27, n. 4, p. 489-494, jul./aug. 1999.
11. NAKAMAE, A.; ENGBRETSSEN L.; BAHR R. et al. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 14, n. 12, p. 1252-1258, dec. 2006.

12. ROOS, E. M.; OSTENBERG A.; ROOS H. et al. Long-term outcome of meniscectomy: symptoms, function, and performance tests in patients with or without radiographic osteoarthritis compared to matched controls. *Osteoarthritis and Cartilage*, London, v. 9, n. 4, p. 316-324, may 2001.
13. IRVINE, G. B.; GLASGOW, M. M. The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency. Arthroscopic analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 74, n. 3, p. 403-405, may 1992.
14. PERNIN, J.; VERDONK P.; SI SELMI T. A. et al. Long-term follow-up of 24.5 years after intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with lateral extra-articular augmentation. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 6, p. 1094-1102, jun. 2010.
15. LEBEL, B.; HULET C.; GALAUD B. et al. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone autograft: a minimum 10-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 7, p. 1275-1282, jul. 2008.
16. ANDRIACCHI, T. P.; MÜNDERMANN A.; SMITH R. L. et al. A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Annals of biomedical engineering*, New York, v. 32, n. 3, p. 447-457, mar. 2004.
17. NAGAO, N.; TACHIBANA, T.; MIZUNO, K. The rotational angle in osteoarthritic knees. *International Orthopaedics*, Berlin, v. 22, n. 5, p. 282-287, 1998.
18. KEAYS, S. L.; NEWCOMBE P. A.; BULLOCK-SAXTON J. E. et al. Factors involved in the development of osteoarthritis after anterior cruciate ligament surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 3, p. 455-463, mar. 2010.
19. SHELBOURNE, K. D.; GRAY, T. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 28, n. 4, p. 446-452, jul./aug. 2000.
20. SHELBOURNE, K. D.; URCH S. E.; GRAY T. et al. Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 40, n. 1, p. 108-113, jan. 2012.
21. DODDS, A. L.; GUPTA, C. M.; NEYRET, P. et al. Extra-articular techniques in anterior cruciate ligament reconstruction: a literature review. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 93, n. 11, p. 1440-1448, nov. 2011.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O ligamento cruzado anterior (LCA)

#### 2.1.1 Epidemiologia da lesão do LCA

A real incidência da lesão do ligamento cruzado anterior é incerta, mas estima-se que ocorram 250.000 rupturas anualmente nos Estados Unidos da América (EUA).<sup>1</sup> De fato, a incidência dessa lesão já foi estimada em 36,9 rupturas a cada 100.000 pessoas-ano.<sup>2</sup> Além disso, a sua lesão é a maior causa de reconstrução ligamentar ao nível do joelho, sendo que muitos estimam que sejam realizadas 80.000 a 250.000 procedimentos desse tipo anualmente nos Estados Unidos da América.<sup>3,4</sup> Sua relevância médica também deve-se ao fato de acometer indivíduos jovens e ativos (pico de incidência do 15 aos 25 anos), constituintes de uma camada da população economicamente ativa.<sup>5</sup>

#### 2.1.2 Fatores de risco para a lesão do LCA

Apesar de não haver consenso na literatura, diversos fatores de risco para a lesão do ligamento cruzado anterior já foram descritos. Segundo o consenso de Hunt Valley,<sup>3,6</sup> os fatores predisponentes para lesão do LCA são divididos em ambientais (tipo de solo/gramado onde a atividade é praticada), anatômicos (tais como o estreitamento da fossa intercondilar femoral,<sup>7</sup> o aumento do IMC, hiperlassidão ligamentar, o histórico de lesão prévia e o bloqueio da rotação do quadril<sup>8,9</sup>), hormonais/desenvolvimentais (sexo feminino, fase folicular do ciclo menstrual e a história familiar<sup>10</sup>), neuromusculares (propriocepção e recrutamento muscular) e biomecânicos (deformidade em varo do joelho, pé pronado, aumento do *slope* tibial).

#### 2.1.3 Anatomia do LCA

A articulação do joelho, do ponto de vista de estrutura óssea, é inerentemente instável. A convexidade dos côndilos femorais somada ao formato do planalto tibial (levemente côncavo no seu aspecto medial e convexo no lateral) resultam numa incongruência e potencial instabilidade que deve ser compensada por estruturas de partes moles, pelos meniscos (medial

e lateral), pelos músculos periarticulares, pela cápsula articular e especialmente pelos ligamentos (colateral medial e lateral, cruzados anterior e posterior).

O LCA é formado por fibras de colágeno (90% do tipo I) organizadas em feixes orientados longitudinalmente.<sup>11</sup> Ao longo do seu curso (de proximal para distal), tais fibras experimentam leve rotação externa. Apesar de ser um ligamento intra-articular, por ser coberto por sinóvia, é considerado um ligamento extra-sinovial.

Embora tenham sido descritas há aproximadamente 40 anos,<sup>12</sup> recentemente tem-se dado maior valor anatômico e biomecânico às duas bandas que formam o LCA: anteromedial e posterolateral.<sup>13</sup> O que define a nomenclatura dos feixes é o seu local de inserção na tibia e o que as diferencia é o grau de isometria e comportamento de tensionamento experimentado durante a flexo-extensão do joelho. Apesar de demonstrarem padrões distintos de tensionamento durante a flexo-extensão do joelho, a banda ântero-medial apresenta maior grau de isometria.<sup>14</sup>

O LCA origina-se na face medial do côndilo femoral lateral, posterior à crista intercondilar (“crista do residente”)<sup>15</sup> e insere-se na ladeira lateral da espinha tibial medial, imediatamente medial ao corno anterior do menisco lateral. Em média, apresenta um comprimento de 30 milímetros (mm) e uma área de secção transversa de 46 milímetros quadrados (mm<sup>2</sup>).<sup>16</sup> A sua vascularização provém da artéria genicular média e a inervação, do nervo articular posterior (ramo do nervo tibial).<sup>11</sup>

#### 2.1.4 Biomecânica do LCA

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal restritor à translação tibial anterior. Estando do joelho fletido a 90° e a tibia em rotação neutra, o LCA resiste a 85% de uma força para anteriorizar a tibia.<sup>17</sup> Durante a flexo-extensão do joelho, a banda ântero-medial tensiona-se em flexão, enquanto que a póstero-lateral tensiona-se em extensão.<sup>12</sup> Além disso, o LCA é um restritor secundário à rotação interna e externa da tibia e ao estresse em varo e valgo.<sup>18</sup>

A força tênsil máxima do LCA é de  $1725 \pm 270$  Newtons (N),<sup>19</sup> a qual é menor do que o pico de força que ocorre durante atividades físicas vigorosas. Por isso, o LCA depende do sinergismo da musculatura periarticular para incrementar o seu papel estabilizador. Finalmente, há um *feedback* entre mecanorreceptores presentes no LCA e a musculatura, demonstrando o importante papel desse ligamento em termos de propriocepção.<sup>20</sup>

### 2.1.5 Semiologia da lesão do LCA

A ruptura do ligamento cruzado anterior é decorrente de um trauma indireto ou, menos frequentemente, direto.<sup>21,22</sup> O mecanismo de trauma mais frequentemente reportado envolve uma rotação interna forçada do fêmur, com estresse em valgo no joelho, estando o pé do membro lesado apoiado no solo.<sup>23</sup> Atividades que envolvam mudança abrupta de direção e desaceleração, hiperextensão do joelho, queda e apoio sobre o pé estando o tornozelo em extensão carregam risco aumentado de ruptura do LCA.<sup>24</sup> Finalmente, o recrutamento intenso e abrupto do quadríceps durante a sua contração excêntrica está correlacionada à ruptura do LCA.<sup>3</sup>

Na fase aguda, o paciente geralmente experimenta um episódio de dor aguda, associada a estalido audível e derrame articular instantâneo logo após o entorse. Já que normalmente ocorre durante prática desportiva, a ruptura do LCA força o atleta a interromper a atividade durante a qual ocorreu o trauma. Segue-se a esse evento, um período variável de tempo (02 a 06 semanas) no qual se instala uma fase inflamatória com dor, derrame e rigidez articular. Sanada a fase inflamatória, o paciente evolui para a fase crônica da lesão do LCA, na qual o mesmo passa a apresentar episódios recorrentes de falseios, dor vaga<sup>25</sup> e derrame articular.<sup>5</sup>

Ao exame clínico, na fase aguda, é possível identificar uma articulação com derrame articular profuso, dolorosa à movimentação e com arco de movimento restringido. Mesmo assim, é possível identificar-se uma translação anterior patológica da tibia em relação ao fêmur, com o teste de Lachman. Na fase crônica, em que já se cessou a fase inflamatória, fica mais evidente a cinemática alterada da articulação com deficiência do LCA: além dos testes que evidenciam a translação tibial anterior aumentada (Lachman e gaveta anterior), tornam-se presentes os testes que demonstram instabilidade rotacional do joelho (*Pivot-Shift*).

Além do exame específico do LCA, é imperiosa a avaliação completa do aparelho locomotor do paciente. Em relação ao joelho, buscam-se sinais de lesões meniscais e ligamentares associadas e de osteoartrose. Na avaliação do membro inferior, analisa-se o seu alinhamento coronal, sagital e rotacional, além da marcha do indivíduo.

### 2.1.6 Imagética aplicada à lesão do LCA

A avaliação radiológica do paciente com lesão do ligamento cruzado anterior envolve essencialmente o uso de radiografias e da ressonância magnética (RM).

Em relação às radiografias simples, na fase aguda, nota-se a presença de volumoso derrame articular. Geralmente, não há alterações ósseas associadas, mas podem haver sinais preditivos de ruptura do LCA. A fratura de Segond, por exemplo, tem elevado valor preditivo positivo para o diagnóstico de ruptura do LCA<sup>26</sup> e é visualizada nas radiografias com incidência em anteroposterior como uma avulsão óssea junto à cortical anterolateral do platô tibial. Outros achados menos frequentes são as fraturas da espinha tibial medial, as fraturas compressão do côndilo femoral lateral e platô tibial lateral.<sup>27</sup> Na fase crônica, outras alterações devem ser procuradas, tais como alterações do alinhamento do membro inferior e sinais de osteoartrose associada.

Apesar de o diagnóstico da ruptura do LCA poder ser firmado clinicamente,<sup>28</sup> a RM é o exame complementar com maior poder diagnóstico. Como o LCA cursa de proximal para distal com uma leve inclinação de lateral para medial, a sua análise depende da visualização de dois ou três cortes sagitais consecutivos. Uma alternativa é a aquisição de imagens no plano sagital oblíquo. Embora mais bem avaliado por meio de cortes sagitais, os cortes axial e coronal também devem ser apreciados, principalmente em casos de rupturas sutis de uma das bandas. O LCA normal tem um aspecto de hipossinal, especialmente próximo da sua origem femoral; à medida que se aproxima da inserção tibial, estrias longitudinais hiperintensas são encontradas normalmente, mas podem ser confundidas com uma ruptura parcial do LCA. A RM tem sensibilidade de 92 a 100% e especificidade de 89 a 97% para o diagnóstico de ruptura do LCA.<sup>29-32</sup>

Na fase aguda, nota-se uma pseudomassa (hematoma) na região do intercôndilo, ruptura de fibras do LCA, derrame articular volumoso e áreas de edema (contusão óssea), mais comumente na região anterior do côndilo femoral lateral e posterior do platô tibial lateral.<sup>33</sup> Na fase crônica, há resolução do edema ósseo e do derrame articular. Além disso, nota-se um arqueamento do ligamento cruzado posterior e uma indefinição das fibras do LCA, sem a presença de aumento da sinal nas imagens ponderadas em T2.<sup>34</sup>

### **2.1.7 Tratamento da lesão do LCA**

O tratamento da lesão aguda do LCA é inicialmente conservador. Por gerar uma reação inflamatória importante, o tratamento cirúrgico na fase aguda é, via de regra, contraindicado, na medida em que tal conduta carrega um risco associado alto de complicações como a artrofibrose. Portanto, nessa fase, indica-se tratamento conservador, que

consiste basicamente em medidas anti-inflamatórias, para controle da dor, do derrame articular, para ganho de arco de movimento e para treinamento do quadríceps.

Resolvida a fase aguda, pode-se indicar tratamento conservador ou cirúrgico. O tratamento conservador é baseado basicamente em treinos de reforço muscular e de propriocepção, e o paciente é aconselhado a evitar práticas esportivas que demandem movimento do tipo pivô, giro, saltos, cortes, entre outros. Para pacientes que desejam retomar suas atividades físicas pré-lesão, geralmente o tratamento cirúrgico é indicado, haja vista as observações clínicas revelando que 44% dos pacientes com ruptura do LCA tratados conservadoramente apresentam debilidade física importante.<sup>25,35</sup>

### **2.1.8 Tratamento cirúrgico da lesão do LCA**

Em relação ao tratamento cirúrgico, é consenso que o procedimento cirúrgico deve envolver a reconstrução ligamentar, já que o reparo não demonstrou resultados satisfatórios.

O reparo primário do LCA foi inicialmente descrito por Mayo Robson em 1895.<sup>36</sup> Usado especialmente até década de 1950, o reparo primário foi abandonado por causar taxas inaceitavelmente alta de falhas (40 a 50%). Atualmente, o reparo primário é indicado especialmente para avulsões da espinha tibial. Embora muitos pacientes apresentem sinais objetivos de instabilidade após o reparo de avulsões ósseas do LCA, subjetivamente, escores funcionais bons a ótimos são esperados em mais de 90% dos casos.<sup>37</sup>

A partir da década de 1960, o entendimento da importância biomecânica do LCA para a estabilidade anterior e rotacional do joelho evoluiu.<sup>38</sup> Frente aos maus resultados obtidos com o reparo primário do LCA, foi introduzido o conceito da reconstrução extra-articular do LCA. Várias técnicas foram descritas, entre elas a precursora de Strickler (1937) e as variantes mais conhecidas de Lemaire (1960) e de MacIntosh (1970). Nessas técnicas, uma banda restritora lateral (geralmente uma secção do trato iliotibial), partindo de uma região proximal ao epicondílio lateral do fêmur e dirigindo-se ao tubérculo de Gerdy e paralela ao LCA nativo, é utilizada para corrigir a instabilidade anterolateral rotatória do joelho.<sup>39</sup> Apesar desse efeito, quando utilizada isoladamente, a reconstrução extra-articular leva a resultados insatisfatório em um número significativo de casos. O procedimento de Ellison, uma variante de reconstrução extra-articular do LCA, foi avaliado de forma prospectiva, após seguimento médio de 11 anos, em 32 pacientes. Ao término do seguimento, 76% dos pacientes apresentavam sinais objetivos de instabilidade anterolateral residual.<sup>40</sup> O procedimento de MacIntosh, outra variante de reconstrução extra-articular do LCA, foi avaliado de forma

prospectiva, após seguimento de 06 a 20 anos, em 112 pacientes. Ao término do seguimento, todos os pacientes apresentavam instabilidade sintomática nos joelhos operados.<sup>41</sup> Atualmente, as reconstruções extra-articulares são reservadas para pacientes que apresentam instabilidade anterolateral grosseira, especialmente se associada à frouxidão em varo, e via de regra acompanhadas da reconstrução intra-articular do LCA.

Apesar de ter sido difundida inicialmente na década de 1930 por Willis Campbell, a reconstrução intra-articular do LCA passou a ser mais indicada na década de 1980. William Clancy disseminou a técnica de reconstrução intra-articular, com uso de túneis tibial e femoral e enxerto livre de tendão patelar (osso-tendão-osso). Nessa técnica, os túneis tibial e femoral são feitos de forma independente, ambos de fora para dentro, em direção ao ponto nativo de fixação o LCA.

A partir da década de 1990, passou a ser introduzida a técnica de reconstrução intra-articular isométrica do LCA. Nessa técnica, o túnel femoral é realizado a partir do túnel tibial e objetiva-se posicionar o enxerto nos túneis de maneira que esse não apresente excursão maior do que 2 a 3 mm durante a flexo-extensão do joelho.<sup>42</sup> A fim de alcançar tal resultado, o túnel femoral deveria ser posicionado em uma posição posterior, próximo ao local onde a linha de Blumensaat intersecta a cortical posterior do fêmur.<sup>43</sup> Como se pensava que o posicionamento do túnel tibial não causava grande alteração na isometria, recomendava-se que o mesmo fosse posicionado mais para posterior, 7 mm anterior ao ligamento cruzado posterior, a fim de se evitar impacto contra o teto do intercôndilo e resultante déficit de extensão.<sup>44</sup> Como resultado, cria-se um enxerto intra-articular curto e vertical, o qual, embora restitua a estabilidade articular no plano sagital, não recupera a estabilidade rotacional do joelho.

A partir dos anos 2000, foi introduzido o conceito de reconstrução anatômica do LCA, na qual os túneis femoral e tibial são feitos de forma independente. Nessa técnica, os túneis são realizados em direção ao *footprint* nativo do LCA. Com isso, em enxerto mais horizontalizado e oblíquo teoricamente reestabelece de forma mais efetiva o controle rotacional promovido pelo LCA nativo.<sup>45</sup> Ironicamente, a primeira descrição cirúrgica para reconstrução do LCA, feita em 1916 por Hey Grooves, atentava para o fato da necessidade do pleno reconhecimento anatômico do LCA e de um enxerto intra-articular, com orientação oblíqua, a fim de se obter um maior controle da estabilidade articular original do joelho. Por quase 100 anos, tais preceitos foram em parte desprezados pela comunidade ortopédica e resgatados por Fu e Yasuda.<sup>46.47</sup>



Atualmente, a técnica intra-articular para reconstrução do LCA é considerada a padrão-ouro, sendo os enxertos de tendão patelar e flexores (semitendinoso e grácil) os mais utilizados. Em relação à técnica para confecção dos túneis, há um equilíbrio entre defensores da reconstrução isométrica e a anatômica enquanto não se demonstra cientificamente superioridade clara de uma em relação à outra.

Existem diversas técnicas descritas para a reconstrução intra-articular do LCA, incluindo posicionamento dos túneis femorais, número de túneis (uma ou dupla banda), tipo de dispositivo de fixação, grau de flexão e de intensidade no tensionamento para fixação do enxerto e tipo de enxerto usado. Apesar disso, em praticamente todas as técnicas descritas, o túnel tibial é confeccionado a partir da metafise tibial medial proximal e o enxerto é tensionado logo antes de ser fixado nesse túnel, enquanto que se aplica uma força de anterior para posterior na região proximal da tibia para redução da anteriorização tibial patológica.

### **2.1.9 A lesão do LCA e a evolução para artrose do joelho**

A literatura médica é vasta em artigos demonstrando o benefício clínico obtido pela reconstrução do LCA, especialmente em termos de níveis de atividade pós-lesão, redução da incidência de novas lesões meniscais e na necessidade de novas cirurgias. No entanto, é reconhecido que tal procedimento não impede a evolução da gonartrose após a ruptura do LCA.<sup>48</sup> A real incidência de artrose pós-lesão do LCA é desconhecida e relatada, na literatura, com taxas que variam entre 24%<sup>49</sup> e 86%.<sup>50</sup> A grande dificuldade em se precisar tal incidência decorre do fato de que há uma grande heterogeneidade nos dados indicados na literatura: diferentes classificações da artrose, diferentes tempos de evolução, lesões associadas (meniscais e condrais) e variabilidade no desenho dos estudos.<sup>51</sup>

Os pacientes que apresentam evolução para gonartrose geralmente apresentam história de lesão do LCA associada à lesão meniscal. Via de regra, além da queixa típica de falseios, os pacientes com artrose medial experimentam dor na interlinha medial e derrame articular associado às atividades físicas, além de desvio do eixo em varo. Menos comumente, há evolução para artrose lateral, ocasião na qual os pacientes apresentam desvio do eixo em valgo e dor lateral.<sup>52,53</sup>

As radiografias demonstram alterações degenerativas no compartimento medial (e mais raramente no lateral), tais como pinçamento articular, formação de osteófitos e cistos subcondrais. Nas fases iniciais da artrose, os pacientes costumam informar dor associada apenas a atividades físicas.<sup>54</sup> Contudo, à medida que há agravamento da degeneração

articular, os pacientes passam a referir dor aos pequenos esforços, ou mesmo em repouso, e refratariedade da dor com o uso de analgésicos simples ou antiinflamatórios.

Embora não haja consenso acerca da gênese dessa complicação, há uma miríade de possíveis fatores implicados na sua ocorrência.

#### *2.1.9.1 Contusão do osso subcondral<sup>55-58</sup>*

A ocorrência de contusão óssea na vigência da lesão aguda do LCA decorre de forças compressivas locais que se dissipam através da cartilagem e do osso subcondral. Muitos postulam que tais forças sejam suficientes para causar dano condral definitivo na região adjacente à contusão óssea, e há estudos baseado em RM que descrevem a ocorrência de anormalidades osteocondrais evolutivas nessas regiões.<sup>55,58-60</sup> De fato, a contusão óssea demonstrada nos exames de RNM é a tradução radiológica de uma fratura trabecular subcondral associada a lesão condral suprajacente.<sup>61</sup> Apesar dessa premissa teórica, Fithian et al.<sup>62</sup> não encontraram associação positiva entre a contusão óssea e o desenvolvimento de artrose em 209 pacientes com lesão de LCA avaliados de forma prospectiva durante seguimento médio de 6,6 anos.

#### *2.1.9.2 Lesões meniscais*

Estudos demonstraram uma prevalência de gonartrose de até 71% após 21 anos de meniscectomia parcial ou total em pacientes com LCA intactos.<sup>63</sup> Além disso, embora haja lesão meniscal em 27% das rupturas agudas do LCA, a prevalência aumenta para 90% na cronicidade, aumentando assim a possibilidade de progressão para gonartrose.<sup>64</sup> Embora autores relatem que até 50% dos pacientes submetidos à reconstrução do LCA apresentam histórico de meniscectomia medial,<sup>65-67</sup> há estudos demonstrando que a reconstrução do LCA diminui a incidência de novas lesões meniscais.<sup>68,69</sup>

#### *2.1.9.3 Resposta inflamatória aumentada*

A ruptura do LCA e os reiterados entorses que decorrem da sua deficiência promovem um acúmulo de mediadores inflamatórios no joelho (citocinas e metaloproteases), os quais tendem a alterar a homeostase condral em direção ao catabolismo celular. Dahlberg et al.<sup>70,71</sup> e Lohmander et al.<sup>72</sup> demonstraram aumento da estromelisina, uma metaloprotease que

caracteristicamente degrada a cartilagem articular, e de proteases no líquido sinovial. Cameron e Saha<sup>73</sup> também demonstraram maior concentração de interleucina-1, de interleucina-6 e de fator de necrose tumoral alfa em joelhos com ruptura de LCA quando comparados a joelhos normais, favorecendo o dano condral nas articulações acometidas.

#### *2.1.9.4 Instabilidade articular e biomecânica alterada<sup>74-76</sup>*

A perda da estabilidade anteroposterior e rotacional do joelho com ruptura crônica do LCA, além de permitir novos episódios de entorse, contusão condral e do osso subcondral e novas lesões meniscais, altera as regiões de contato tibiofemoral.

#### *2.1.9.5 Deformidade em varo do membro inferior:<sup>77</sup>*

Além das deformidades no plano coronal, o mau alinhamento rotacional, especialmente tibial, contribui para a artrose medial do joelho com lesão crônica do LCA.<sup>75</sup>

### **2.1.10 A reconstrução do LCA e a evolução para artrose do joelho**

Há duas meta-análises recentes demonstrando que 67 a 76% dos pacientes submetidos à reconstrução do LCA retomam as suas atividades pré-lesão, e que 80% apresentam escores normais ou quase normais na escala do *International Knee Documentation Committee* (IKDC).<sup>78,79</sup>

Apesar de usualmente ser considerado um procedimento de sucesso em uma grande parcela dos pacientes, há complicações relevantes. Uma série de 112 casos submetidos à reconstrução do LCA com enxerto quádruplo de semitendinoso e grácil, em joelhos sem lesão meniscal ou condral associada, com seguimento médio de 10,2 anos, demonstrou uma incidência de 25% de artrose grave pelo escore de Jäger-Wirth.<sup>80</sup>

Øiestad et al.<sup>81</sup> obtiveram seguimento médio de 12,3 anos em 82% dos 221 pacientes submetidos à reconstrução intra-articular do LCA. Ao final do estudo, 26% dos pacientes apresentavam artrose patelo-femoral. Há ainda estudos demonstrando taxas iguais de gonartrose entre pacientes com lesão do LCA operados e tratados conservadoramente.<sup>76,82-84</sup>

Pernin et al.<sup>68</sup> avaliaram de forma prospectiva 410 casos consecutivos de ruptura do LCA submetidos a tratamento cirúrgico, com reconstrução aberta do LCA com enxerto de tendão patelar e reforço extra-articular pela técnica de Lemaire e Combelle. Ao final de

seguimento médio de 24,5 anos, 100 pacientes foram avaliados de forma subjetiva e objetiva. 54% dos pacientes apresentavam alterações radiográficas anormais (27% - IKDC C) ou muito anormais (27% - IKDC D).

Teoricamente, o reestabelecimento da biomecânica articular do joelho, com a reconstrução apropriada do LCA reduziria ou impediria a evolução da artrose do joelho. Para que tal assertiva fosse provada por meio de evidência científica contundente, seriam necessários estudos de boa qualidade, comparando a evolução da artrose entre pacientes submetidos a tratamento conservador e cirúrgico. O grande problema é que a literatura que trata desse tema é extremamente heterogênea, seja no desenho dos estudos, na seleção dos pacientes, no tempo entre a lesão e o tratamento cirúrgico definitivo, no tipo de técnica cirúrgica empregada, escolha do enxerto, tempo de seguimento e critérios para definir a artrose. De fato, uma metanálise acerca dos resultados comparados entre o tratamento conservador e cirúrgico para a lesão do LCA publicada por Linko et al.<sup>85</sup> concluiu que não havia estudos de qualidade para nortear a conduta mais apropriada e que estudos de qualidade deveriam ser desenhados nesse sentido.

Diversos estudos disponíveis na literatura apontam que a progressão da artrose é maior após a reconstrução do ligamento cruzado anterior do que após o tratamento conservador. Daniel et al.<sup>86</sup> acompanharam de forma prospectiva 292 pacientes com hemartrose aguda pós-traumática por um seguimento médio de 64 meses. Os pacientes foram arrolados em 04 grupos, segundo tipo de tratamento e resultados da artrometria com KT-1000: grupo I (estável inicialmente, tratamento conservador), II (instável inicialmente, tratamento conservador), III (reconstrução precoce) e IV (reconstrução tardia). Os autores concluíram que nenhum paciente modificou a atividade profissional, que o nível de atividade física e o número de horas de esporte praticada reduziu em todos os pacientes e que o grupo submetido à reconstrução cirúrgica desenvolveu mais artrose.<sup>86</sup>

Fithian et al.<sup>62</sup> avaliaram de forma prospectiva e não-randomizada 210 pacientes com lesão de LCA submetidos a tratamento conservador e cirúrgico. O com seguimento médio foi de 6,6 anos, e os pacientes foram estratificados quanto ao risco de novas lesões, baseados no nível de atividade pré-lesão e no grau de lassidão avaliado pelo KT-1000. Os autores concluíram que os pacientes tratados de forma conservadora apresentaram maior chance de cirurgia tardia para tratamento de novas lesões meniscais. Além disso, os pacientes submetidos a cirurgia precoce (espaço de tempo inferior a 90 dias entre a lesão e o procedimento cirúrgico) apresentaram maior chance de artrose nas radiografias do seguimento final.<sup>62</sup> Por não ser randomizado e incluir casos mais graves e com maiores escores de Tegner,

portanto com maior nível de atividade, no grupo cirúrgico, esse trabalho é alvo de críticas quanto à sua metodologia.

Kessler et al.<sup>87</sup> avaliaram de forma prospectiva 109 pacientes com histórico de lesão do LCA, com intuito de avaliar as diferenças quanto ao tratamento indicado. Desses pacientes, 60 foram submetidos a tratamento cirúrgico com uso de enxerto de tendão patelar autólogo, sendo os demais submetidos a tratamento conservador. Após análise de variáveis tais como escores de Tegner, IKDC e a classificação radiológica de Kellgren e Lawrence, os autores concluíram que, apesar de a estabilidade articular do joelho ser superior nos pacientes operados, a taxa de artrose foi significativamente maior nesses pacientes (42% vs. 25%). Ademais, o nível de atividade após o tempo médio de seguimento (11,1 anos) foi similar entre os dois grupos. Finalmente, o risco de lesões meniscais secundárias foi reduzido por meio da intervenção cirúrgica.<sup>87</sup>

Há, contudo, estudos demonstrando que a reconstrução do LCA diminui a progressão da artrose. Li et al.,<sup>88</sup> em uma coorte retrospectiva com seguimento médio de 17 a 20 anos, demonstraram que os pacientes submetidos a tratamento cirúrgico apresentaram incidência significativamente menor de artrose grave quando comparados aos tratados de forma não cirúrgica (16,5% vs. 56%).<sup>88</sup>

Finalmente, a maioria dos estudos disponíveis não demonstra haver diferença significativa entre os tratamentos (conservador vs. cirúrgico) quanto à progressão para artrose. Lohmander et al.<sup>82</sup> desenharam uma coorte afim de avaliar 103 jogadoras de futebol da Suécia após seguimento médio de 12 anos. As pacientes foram avaliadas quanto a escores subjetivos auto-administrados (*Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score questionnaire* e *Short Form 36-item health survey*) e alterações radiográficas (classificação de Kellgren e Lawrence). Pouco mais de 60% dos indivíduos foram tratados de forma cirúrgica, e, por meio de análise multivariada, concluiu-se que a cirurgia não teve efeito significativo sobre a gonartrose sintomática.<sup>82</sup> Ademais, não houve diferença entre os dois grupos quanto ao nível de atividades e aos sintomas relacionados ao joelho.

De forma semelhante, Myklebust et al.<sup>83</sup> avaliaram, em uma coorte com seguimento médio de 7,8 anos, 86 atletas de elite de handball que apresentaram ruptura do LCA. Os pacientes submetidos a tratamento conservador apresentaram maior lassidão ligamentar e maiores taxas de retorno às atividades pré-lesão (82% vs. 58%). Em relação à ocorrência de artrose radiográfica, não houve diferença entre os grupos.<sup>83</sup>

Fink et al.<sup>84</sup> avaliaram de forma prospectiva os resultados subjetivos e objetivos de pacientes com lesão do LCA submetidos a tratamento conservador (25 pacientes) ou cirúrgico

(46 pacientes), após seguimentos de 5 a 7 e 10 a 13 anos. Os pacientes submetidos a tratamento cirúrgico apresentaram melhores escores funcionais (IKDC, Lysholm) e manutenção de um maior nível de atividade. No entanto, ambos os grupos diminuíram de forma semelhante e significativa o número de horas praticas. Igualmente aos estudos descritos acima, não houve diferença significativa quanto à ocorrência de artrose entre os grupos.<sup>84</sup>

### **2.1.11 Fatores de risco para gonartrose pós-reconstrução do LCA**

Apesar de a técnica cirúrgica para reconstrução do LCA ter evoluído significativamente nas últimas décadas, com melhora do controle da estabilidade e do reestabelecimento da biomecânica normal do joelho, sabe-se que o joelho reconstruído não é um joelho normal.<sup>51</sup> Embora não haja consenso acerca da gênese da gonartrose pós-reconstrução do LCA, há vários fatores implicados nessa evolução.

#### *2.1.11.1 Índice de massa corpórea<sup>89</sup>*

Uma coorte retrospectiva publicada em 2011, avaliou 249 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com banda única. Após seguimento médio de 7,8 anos, 39% dos pacientes operados apresentavam algum grau de artrose e os principais fatores de risco associados foram obesidade e lesões condrais no compartimento medial grau 2 de Outerbridge ou superior.<sup>88</sup>

#### *2.1.11.2 Lesões meniscais e condrais<sup>90</sup>*

Uma coorte publicada em 2010 por Keays et al.<sup>91</sup> avaliou 46 pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com seguimento médio de 06 anos à busca de fatores de risco para o desenvolvimento de artrose. Os fatores de risco com associação mais fortes foram as lesões meniscais, seguidas pelas lesões condrais.<sup>91</sup>

#### *2.1.11.3 Intervalo aumentado entre a ruptura e o procedimento cirúrgico<sup>91-93</sup>*

Järvelä et al.<sup>94</sup> avaliaram de forma prospectiva, após seguimento de 5 a 9 anos, 91 pacientes submetidos à reconstrução do LCA. Os pacientes foram divididos conforme o tempo entre a lesão e a intervenção (antes de 06 semanas e após 03 meses). Apesar de os

escores de Lysholm e o teste isocinético terem sido semelhantes entre os grupos, o risco de artrose medial foi maior no grupo de reconstrução tardia.<sup>94</sup> Apesar disso, uma metanálise publicada em 2010, comparando os resultados entre a reconstrução precoce (menos de 03 semanas entre a ruptura e a reconstrução) e a tardia (mais de 06 semanas), não encontrou diferença nos resultados, inclusive quanto à evolução para artrose. A grande limitação dessa metanálise foi a qualidade dos estudos nas quais a mesma se embasou, de forma que os próprios autores concluíram que estudos de maior qualidade nesse sentido deveriam ser realizados.<sup>95</sup>

#### *2.1.11.4 Uso de enxerto de tendão patelar*

Sajovic et al.<sup>96</sup> publicaram um ensaio clínico randomizado em 2006, no qual 64 pacientes foram submetidos à reconstrução do LCA com enxerto de tendão patelar ou flexor. Após 05 anos de seguimento, os autores notaram maior prevalência de artrose no grupo do enxerto patelar.<sup>96</sup> Magnussen et al.<sup>97</sup> publicaram uma revisão sistemática, em 2011, para comparar os resultados obtidos entre a reconstrução do LCA com enxerto de patelar e flexores. Os autores concluíram que a única diferença entre os grupos é a maior prevalência de dor anterior em pacientes submetidos à reconstrução com tendão patelar, apesar de haver uma potencial tendência de maior risco de desenvolvimento de artrose com esse enxerto.<sup>97</sup> Apesar disso, uma metanálise publicada recentemente por Mohtadi et al.<sup>98</sup> revelou que os resultados das reconstruções do LCA com enxerto de tendão patelar e com semitendinoso e grácil são muito semelhantes, sendo que o tendão patelar apresenta maior potencial de restituir a estabilidade do joelho e de causar dor anterior, sem causar maior risco de evolução para artrose.

#### *2.1.11.5 Redução da amplitude de movimento do joelho operado*

Shelbourne et al.<sup>99</sup> publicaram recentemente um estudo de Coorte, em que 780 pacientes submetidos a reconstrução do LCA foram seguidos, em média, por 10 anos. A ocorrência de artrose foi superior (53% vs. 39%) em pacientes que apresentavam limitação da amplitude de movimento. Após análise de regressão logística multivariável, concluiu-se que a limitação da amplitude de movimento foi um fator de risco independente para a ocorrência de artrose após a reconstrução do LCA.<sup>99</sup>

Entretanto, não há, na literatura, descrição acerca da implicação da posição do túnel tibial na fisiopatogenia da artrose pós-reconstrução do LCA. Tomando-se como analogia as reconstruções extra-articulares, baseadas na tenodese do trato ilio-tibial, um dos motivos do seu abandono por alguns autores, além da instabilidade residual em alguns casos, foi o desenvolvimento de artrose no compartimento lateral do joelho.<sup>100</sup> A explicação dessa complicação decorre do fato de haver aumento da pressão de contato no compartimento lateral induzido por essa técnica.

Da mesma forma, a reconstrução intra-articular do LCA realizada com túneis tibial e femoral na posição anatômica e com tensionamento do enxerto a partir de uma posição medial da tibia poderia levar a uma sobrecarga medial, com aumento das taxas de evolução para artrose, especialmente para pacientes com meniscectomia medial, lesões condrais mediais ou com desvio do eixo mecânico em varo.

#### **2.1.12 O manejo da artrose do joelho com deficiência do LCA**

Apesar de o tratamento artroscópico da ruptura do LCA estar bem estabelecido, com melhora importante dos sintomas de instabilidade, o manejo de pacientes com artrose unicompartimental associada à lesão do LCA sintomática em pacientes jovens permanece um problema de difícil solução.

Em joelho normal, 60% da carga é transmitida pelo compartimento medial.<sup>101</sup> Na vigência de gonartrose unicompartimental (medial ou lateral), há uma sobrecarga do compartimento acometido, resultando em um ciclo vicioso de deformidade e degeneração articular.<sup>53,102,103</sup> Ao redirecionar o eixo mecânico do membro inferior, as osteotomias visam diminuir a sobrecarga do compartimento acometido, aliviar os sintomas e a evolução da artrose do joelho.

Primeiramente descritas por Jackson<sup>104</sup> em 1961, as osteotomias têm demonstrado 90% de bons resultados após cinco anos de seguimento e 70% após 10 anos.<sup>105-107</sup> As osteotomias, dessa forma, são reservadas para pacientes com artrose unicompartimental sintomática, refratária ao tratamento conservador, com menos de 60 anos de idade e que desejam manter certo nível de atividade física.<sup>108</sup>

O subgrupo de pacientes que apresenta lesão do ligamento cruzado anterior e artrose unicompartimental deve ser manejados de forma a corrigir ambas as alterações articulares num único procedimento, afim de se aumentar a sobrevida do joelho acometido e melhorar a qualidade de vida do doente.<sup>109</sup> Infelizmente, a maioria dos estudos presentes na literatura



abordando esse tipo de tratamento (reconstrução do LCA associada à osteotomia no mesmo tempo cirúrgico) é baseada em análise retrospectiva de poucos casos.

O'Neil e James<sup>67</sup> avaliaram 10 pacientes com sintomatologia refratária ao tratamento conservador submetidos ao procedimento cirúrgico combinado (reconstrução do LCA e osteotomia tibial alta). Apesar de todos os pacientes apresentarem melhora significativa de escores subjetivos e objetivos, apenas um retomou o seu nível de atividade pré-lesão.<sup>67</sup>

Neuschwander, Drez Jr. e Paine<sup>110</sup> publicaram os resultados de 05 pacientes com lesão de LCA, varo e artrose medial manejados com procedimento combinado. Embora todos os pacientes tenham apresentado melhora funcional, os autores alertaram para o fato de que não se deve esperar que os pacientes voltem a apresentar altos níveis de atividade.<sup>110</sup>

Na maior série já publicada com esse tipo de procedimento combinado, Dejour et al.<sup>111</sup> avaliaram de forma retrospectiva 43 pacientes. Ao término do seguimento médio de 3,5 anos, 27 pacientes estavam muito satisfeitos com os resultados e houve progressão radiológica da artrose, porém somente 01 paciente havia conseguido retomar as suas atividades pré-lesão.<sup>111</sup>

Williams 3rd et al.<sup>112</sup> avaliaram de forma retrospectiva 25 pacientes com artrose medial e lesão do LCA. Com idade média de 35 anos, 96% dos pacientes apresentavam histórico de meniscectomia medial. Doze pacientes foram submetidos à osteotomia tibial alta isolada, e o restante ao procedimento combinado. Todos os pacientes demonstraram melhora nos escores usados (Tegner e Lysholm), mas os pacientes submetidos ao procedimento combinado demonstraram escores maiores. Apesar disso, houve progressão da artrose em ambos os grupos.<sup>112</sup>

Apesar de demonstrar bons resultados, as osteotomias elevam o risco de complicações consideráveis no pós-operatório, tais como pseudo-artrose da osteotomia, infecção, perda da correção, fratura da cortical oposta, correção insuficiente ou excessiva, patela baixa, lesão vascular e neurológica. A incidência total de complicações varia muito na literatura, de 5 a 7%,<sup>66,111</sup> até 37%.<sup>65</sup>

O princípio básico das osteotomias é aliviar a carga suportada pelo compartimento artrósico ao se redirecionar o eixo mecânico. Como descrito previamente, a reconstrução do LCA é capaz de sobrecarregar e induzir artrose em joelhos normais.<sup>100</sup> Em pacientes com ruptura do LCA e artrose medial, a confecção de um túnel tibial com entrada lateral poderia diminuir a sobrecarga medial, evitando a realização de um procedimento com maior complexidade e morbidade, tal qual uma osteotomia.

## REFERÊNCIAS

1. JOHNSON, D. L.; WARNER, J. J. Diagnosis for anterior cruciate ligament surgery. *Clinics in sports medicine*, Philadelphia, v. 12, n. 4, p. 671-684, oct. 1993.
2. GIANOTTI, S. M.; MARSHALL S. W.; HUME P. A. et al. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Victoria, v. 12, n. 6, p. 622-627, nov. 2009.
3. GRIFFIN, L. Y.; AGEL J.; ALBOHM M. J. et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, v. 8, n. 3, p. 141-150, may./jun. 2000.
4. GRINDSTAFF, T. L.; HAMMILL, R. R.; TUZSON A. E. et al. Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis. *Journal of Athletic Training, Dallas*, v. 41, n. 4, p. 450-456, oct./dec. 2006.
5. MATHER 3rd, R. C.; KOENIG L.; KOCHER M. S. et al. Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 95, n. 19, p. 1751-1759, oct. 2013.
6. GRIFFIN, L. Y.; ALBOHM M. J.; ARENDT E. A. et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 34, n. 9, p. 1512-1532, sep. 2006.
7. SHELBOURNE, K.D.; DAVIS, T. J.; KLOOTWYK, T. E. The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 26, n. 3, p. 402-408, may/jun. 1998.
8. ELLERA GOMES, J. L.; PALMA, H. M.; RUTHNER, R. Influence of hip restriction on noncontact ACL rerupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 22, n. 1, p. 188-191, jan. 2014.
9. ELLERA GOMES, J. L.; PALMA, H. M.; BECKER, R. Radiographic findings in restrained hip joints associated with ACL rupture. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 18, n. 11, p. 1562-1567, nov. 2010.
10. MYER, G. D.; HEIDT R. S.; WAITS C. et al. Sex comparison of familial predisposition to anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 22, n. 2, p. 387-391, feb. 2014.
11. DUTHON, V. B.; BAREA C.; ABRASSART S. et al. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 14, n. 3, p. 204-213, mar. 2006.

12. GIRGIS, F. G.; MARSHALL, J. L.; MONAJEM, A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 106, p. 216-231, jan./feb. 1975.
13. CHHABRA, A.; STARMAN J. S.; FERRETTI M. et al. Anatomic, radiographic, biomechanical, and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 88, Suppl. 4, p. 2-10, dec. 2006.
14. MARKATOS, K.; KASETA M. K.; LALLOS S. N. et al. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology*, Paris, v. 23, n. 7, p. 747-752, oct. 2013.
15. FERRETTI, M.; EKDAHL M.; SHEN W. et al. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 23, n. 11, p. 1218-1225, nov. 2007.
16. IRIUCHISHIMA, T.; YORIFUJI H.; AIZAWA S. et al. Evaluation of ACL mid-substance cross-sectional area for reconstructed autograft selection. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 22, n. 1, p. 207-213, jan. 2014.
17. BUTLER, D. L.; NOYES, F. R.; GROOD, E. S. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 62, n. 2, p. 259-270, mar. 1980.
18. ANDERSEN, H. N.; DYHRE-POULSEN, P. The anterior cruciate ligament does play a role in controlling axial rotation in the knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 5, n. 3, p. 145-149, 1997.
19. NOYES, F. R.; BUTLER D. L.; GROOD E. S. et al. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 66, n. 3, p. 344-352, mar. 1984.
20. DODDS, J. A.; ARNOCZKY, S. P. Anatomy of the anterior cruciate ligament: a blueprint for repair and reconstruction. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 10, n. 2, p. 132-139, apr. 1994.
21. BODEN, B. P.; DEAN, G. S.; FEAGIN Jr., J. A. et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*, Thorofare, v. 23, n. 6, p. 573-578, jun. 2000.
22. JÄRVINEN, M.; NATRI A.; LAURILA S. et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament ruptures in skiing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 2, n. 4, p. 224-228, 1994.
23. LEVINE, J. W.; KIAPOUR A. M.; QUATMAN C. E. et al. Clinically relevant injury patterns after an anterior cruciate ligament injury provide insight into injury mechanisms. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 41, n. 2, p. 385-395, feb. 2013.

24. LYLE, M. A.; VALERO-CUEVAS F. J.; GREGOR R. J. et al. Control of dynamic foot-ground interactions in male and female soccer athletes: females exhibit reduced dexterity and higher limb stiffness during landing. *Journal of biomechanics*, New York, v. 47, n. 2, p. 512-517, jan. 2014.
25. NOYES, F. R.; MOOAR P. A.; MATTHEWS D. S. et al. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 65, n. 2, p. 154-162, feb. 1983.
26. GOLDMAN, A. B.; PAVLOV, H.; RUBENSTEIN, D. The Second fracture of the proximal tibia: a small avulsion that reflects major ligamentous damage. *AJR. American Journal of Roentgenology*, Leesburg, v. 151, n. 6, p. 1163-1167, dec. 1988.
27. KEZDI-ROGUS, P. C.; LOMASNEY, L. M. Radiologic case study. Plain film manifestations of ACL injury. *Orthopedics*, Thorofare, v. 17, n. 10, p. 967-973, oct. 1994.
28. SIDDIQUI, M. A.; AHMAD I.; SABIR A. B. et al. Clinical examination vs. MRI: evaluation of diagnostic accuracy in detecting ACL and meniscal injuries in comparison to arthroscopy. *Polish orthopedics and traumatology*, Smithtown, v. 78, p. 59-63, feb. 2013.
29. BONAMO, J. J.; SAPERSTEIN, A. L. Contemporary magnetic resonance imaging of the knee. The orthopedic surgeon's perspective. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, Philadelphia, v. 2, n. 3, p. 481-495, aug. 1994.
30. JUSTICE, W. W.; QUINN, S. F. Error patterns in the MR imaging evaluation of menisci of the knee. *Radiology*, Easton, v. 196, n. 3, p. 617-621, sep. 1995.
31. VAHEY, T. N.; MEYER, S. F.; SHELBORNE, K. D. et al. MR imaging of anterior cruciate ligament injuries. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, Philadelphia, v. 2, n. 3, p. 365-380, aug. 1994.
32. TUNG, G. A.; DAVIS L. M.; WIGGINS M. E. et al. Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging. *Radiology*, Easton, v. 188, n. 3, p. 661-667, sep. 1993.
33. PATEL, S. A.; HAGEMAN J.; QUATMAN C. E. et al. Prevalence and location of bone bruises associated with anterior cruciate ligament injury and implications for mechanism of injury: a systematic review. *Sports Medicine*, Auckland, v. 44, n. 2, p. 281-293, feb. 2014.
34. YOON, J. P.; YOO J. H.; CHANG C. B. et al. Prediction of chronicity of anterior cruciate ligament tear using MRI findings. *Clinics in Orthopedic Surgery*, Seoul, v. 5, n. 1, p. 19-25, mar. 2013.
35. NOYES, F. R.; MATTHEWS D. S.; MOOAR P. A. et al. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: the results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 65, n. 2, p. 163-174, feb. 1983.

36. SCHINDLER, O. S. Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 20, n. 1, p. 5-47, jan. 2012.
37. TUDISCO, C.; GIOVARRUSCIO R.; FEBO A. et al. Intercondylar eminence avulsion fracture in children: long-term follow-up of 14 cases at the end of skeletal growth. *Journal of Pediatric Orthopedics. Part B*, New York, v.19, n. 5, p. 403-408, sep. 2010.
38. MCCULLOCH, P. C.; LATTERMANN, C.; BOLAND, A. L. et al. An illustrated history of anterior cruciate ligament surgery. *The Journal of Knee Surgery*, Stuttgart, v. 20, n. 2, p. 95-104, apr. 2007.
39. KRACKOW, K. A.; BROOKS, R. L. Optimization of knee ligament position for lateral extraarticular reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 11, n. 5, p. 293-302, sep./oct. 1983.
40. REID, J. S.; HANKS, G. A.; KALENAK, A. et al. The Ellison iliotibial-band transfer for a torn anterior cruciate ligament of the knee. Long-term follow-up. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 74, n. 9, p. 1392-1402, oct. 1992.
41. VAIL, T.P.; MALONE, T. R.; BASSETT 3rd, F. H. Long-term functional results in patients with anterolateral rotatory instability treated by iliotibial band transfer. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 20, n. 3, p. 274-282, may/jun. 1992.
42. FURIA, J. P.; LINTNER, D. M.; SAIZ, P. et al. Isometry measurements in the knee with the anterior cruciate ligament intact, sectioned, and reconstructed. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 25, n. 3, p. 346-352, may/jun. 1997.
43. ZAVRAS, T. D.; RACE, A.; BULL, A. M. et al. A comparative study of 'isometric' points for anterior cruciate ligament graft attachment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 9, n. 1, p. 28-33, 2001.
44. MULLER III, R. H.; AZAR, F. M. Knee injuries: Anterior cruciate ligament injuries. In: CANALE, S. T.; BEATY, J. H. (Eds.). *Campbell's operative orthopaedics*. 12th ed. Philadelphia: Elsevier, 2013. cap. 45. p. 2052-2212.
45. FU, F. H.; KARLSSON, J. A long journey to be anatomic. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 18, n. 9, p. 1151-1153, sep. 2010.
46. LOH, J.C.; FUKUDA, Y.; TSUDA, E. et al., 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*, Philadelphia, v. 19, n. 3, p. 297-304, mar. 2003.
47. YASUDA, K.; KONDO, E.; ICHIYAMA, H. et al. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 20, n. 10, p. 1015-1025, dec. 2004.

48. CHALMERS, P. N.; MALL, N. A.; MORIC, M. et al. Does ACL reconstruction alter natural history?: A systematic literature review of long-term outcomes. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 96, n. 4, p. 292-300, feb. 2014.
49. CASTELEYN, P. P.; HANDELBERG, F. Non-operative management of anterior cruciate ligament injuries in the general population. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 78, n. 3, p. 446-451, may. 1996.
50. NEYRET, P.; DONELL, S. T.; DEJOUR, H. Results of partial meniscectomy related to the state of the anterior cruciate ligament. Review at 20 to 35 years. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 75, n. 1, p. 36-40, jan. 1993.
51. WONG, J. M.; KHAN, T.; JAYADEV, C. S. et al., Anterior cruciate ligament rupture and osteoarthritis progression. *The Open Orthopaedics Journal*, Hilversum, v. 6, p. 295-300, 2012.
52. EDGERTON, B. C.; MARIANI, E. M.; MORREY, B. F. Distal femoral varus osteotomy for painful genu valgum. A five-to-11-year follow-up study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 288, p. 263-269, mar. 1993.
53. PHILLIPS, M. J.; KRACKOW, K. A. High tibial osteotomy and distal femoral osteotomy for valgus or varus deformity around the knee. *Instructional Course Lectures*, St. Louis, v. 47, p. 429-436, 1998.
54. BRADLEY, J. D.; BRANDT, K. D.; KATZ, B. P. et al. Comparison of an antiinflammatory dose of ibuprofen, an analgesic dose of ibuprofen, and acetaminophen in the treatment of patients with osteoarthritis of the knee. *The New England Journal of Medicine*, Boston, v. 325, n. 2, p. 87-91, jul. 1991.
55. COSTA-PAZ, M.; MUSCOLO D. L.; AYERZA M. et al. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 17, n. 5, p. 445-449, may 2001.
56. MEYER, E. G.; BAUMER T. G.; SLADE J. M. et al. Tibiofemoral contact pressures and osteochondral microtrauma during anterior cruciate ligament rupture due to excessive compressive loading and internal torque of the human knee. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 10, p. 1966-1977, oct. 2008.
57. SANDERS, T. G.; MEDYNSKI, M. A.; FELLER, J. F. et al. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics*, Oak Brook, v. 20, Suppl. 1, p. S135-151, oct. 2000.
58. NAKAMAE, A.; ENGBRETSSEN L.; BAHR R. et al. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 14, n. 12, p. 1252-1258, dec. 2006.
59. FABER, K. J.; DILL J. R.; AMENDOLA A. et al. Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 27, n. 4, p. 489-494, jul./aug. 1999.

60. VELLETT, A. D.; MARKS, P. H.; FOWLER, P. J. et al. Occult posttraumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification, and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology*, Easton, v. 178, n. 1, p. 271-276, jan. 1991.
61. RANGGER, C.; KATHREIN, A.; FREUND, M. C. et al. Bone bruise of the knee: histology and cryosections in 5 cases. *Acta orthopaedica Scandinavica*, Basingstoke, v. 69, n. 3, p. 291-294, jun. 1998.
62. FITHIAN, D. C.; PAXTON, E. W.; STONE, M. L. et al. Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 33, n. 3, p. 335-346, mar. 2005.
63. ROOS, E. M.; OSTENBERG A.; ROOS H. et al. Long-term outcome of meniscectomy: symptoms, function, and performance tests in patients with or without radiographic osteoarthritis compared to matched controls. *Osteoarthritis and Cartilage*, London, v. 9, n. 4, p. 316-324, may 2001.
64. IRVINE, G. B.; GLASGOW, M. M. The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency. Arthroscopic analysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 74, n. 3, p. 403-405, may 1992.
65. LATTERMANN, C.; JAKOB, R. P. High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 4, n. 1, p. 32-38, 1996.
66. NOYES, F. R.; BARBER, S. D.; SIMON, R. High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. A two- to seven-year follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 21, n. 1, p. 2-12, jan./feb. 1993.
67. O'NEILL, D. F.; JAMES, S. L. Valgus osteotomy with anterior cruciate ligament laxity. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 278, p. 153-159, may 1992.
68. PERNIN, J.; VERDONK P.; SI SELMI T. A. et al. Long-term follow-up of 24.5 years after intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with lateral extra-articular augmentation. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 6, p. 1094-1102, jun. 2010.
69. LEBEL, B.; HULET C.; GALAUD B. et al. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone autograft: a minimum 10-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 7, p. 1275-1282, jul. 2008.
70. DAHLBERG, L.; FRIDÉN, T.; ROOS, H. et al. A longitudinal study of cartilage matrix metabolism in patients with cruciate ligament rupture--synovial fluid concentrations of aggrecan fragments, stromelysin-1 and tissue inhibitor of metalloproteinase-1. *British Journal of Rheumatology*, London, v. 33, n. 12, p. 1107-1111, dec. 1994.

71. DAHLBERG, L.; ROOS, H.; SAXNE, T. et al. Cartilage metabolism in the injured and uninjured knee of the same patient. *Annals of the Rheumatic Diseases*, London, v. 53, n. 12: p. 823-827, dec. 1994.
72. LOHMANDER, L. S.; HOERRNER, L. A.; DAHLBERG, L. et al. Stromelysin, tissue inhibitor of metalloproteinases and proteoglycan fragments in human knee joint fluid after injury. *The Journal of Rheumatology*, Toronto, v. 20, n. 8, p. 1362-1368, aug. 1993.
73. CAMERON, J. C.; SAHA, S. Meniscal allograft transplantation for unicompartmental arthritis of the knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 337, p. 164-171, apr. 1997.
74. ANDRIACCHI, T. P.; MÜNDERMANN A.; SMITH R. L. et al. A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Annals of biomedical engineering*, New York, v. 32, n. 3, p. 447-457, mar. 2004.
75. NAGAO, N.; TACHIBANA, T.; MIZUNO, K. The rotational angle in osteoarthritic knees. *International Orthopaedics*, Berlin, v. 22, n. 5, p. 282-287, 1998.
76. ROOS, H.; ORNELL, M.; GÄRDESELL, P. et al. Soccer after anterior cruciate ligament injury--an incompatible combination? A national survey of incidence and risk factors and a 7-year follow-up of 310 players. *Acta orthopaedica Scandinavica*, Basingstoke, v. 66, n. 2, p. 107-112, apr. 1995.
77. MULLAJI, A. B.; MARAWAR, S. V.; LUTHRA, M. Tibial articular cartilage wear in varus osteoarthritic knees: correlation with anterior cruciate ligament integrity and severity of deformity. *The Journal of Arthroplasty*, New York, v. 23, n. 1, p. 128-135, jan. 2008.
78. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 458, p. 180-187, may 2007.
79. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *British Medical Journal*, v. 332, n. 7548, p. 995-1001, apr. 2006.
80. STRUEWER, J.; ZIRING E.; FRANGEN T. M. et al. Clinical outcome and prevalence of osteoarthritis after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring graft: follow-up after two and ten years. *International Orthopaedics*, Berlin, v. 37, n. 2, p. 271-277, feb. 2013.
81. ØIESTAD B. E.; HOLM I.; ENGBRETSSEN L. et al. The prevalence of patellofemoral osteoarthritis 12 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 21, v. 4, p. 942-949, apr. 2013.
82. LOHMANDER, L. S.; OSTENBERG, A.; ENGLUND, M. et al. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis and Rheumatism*, Atlanta, v. 50, n. 10, p. 3145-3152, oct. 2004.



83. MYKLEBUST, G.; HOLM, I.; MAEHLUM, S. et al. Clinical, functional, and radiologic outcome in team handball players 6 to 11 years after anterior cruciate ligament injury: a follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 31, n. 6, p. 981-989, nov./dec. 2003.
84. FINK, C.; HOSER, C.; HACKL, W. et al. Long-term outcome of operative or nonoperative treatment of anterior cruciate ligament rupture--is sports activity a determining variable? *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 22, n. 4, p. 304-309, may. 2001.
85. LINKO, E.; HARILAINEN, A.; MALMIVAARA, A. et al. Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, Oxford, v. 2, apr. 2005. CD001356.
86. DANIEL, D. M.; STONE, M. L.; DOBSON, B. E. et al. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 22, n. 5, p. 632-644, sep./oct. 1994.
87. KESSLER, M. A.; BEHREND, H.; HENZ, S. et al. Function, osteoarthritis and activity after ACL-rupture: 11 years follow-up results of conservative versus reconstructive treatment. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 16, n. 5, p. 442-448, may. 2008.
88. LI, R. T.; LORENZ, S.; XU, Y. et al. Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 39, n. 12, p. 2595-2603, dec. 2011.
89. TAKEDA, H.; NAKAGAWA, T.; NAKAMURA, K. et al. Prevention and management of knee osteoarthritis and knee cartilage injury in sports. *British Journal of Sports Medicine*, London, v. 45, n. 4, p. 304-309, apr. 2011.
90. ØIESTAD, B. E.; HOLM, I. AUNE, A. K. et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 11, p. 2201-2210, nov. 2010.
91. KEAYS, S. L.; NEWCOMBE P. A.; BULLOCK-SAXTON J. E. et al. Factors involved in the development of osteoarthritis after anterior cruciate ligament surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 3, p. 455-463, mar. 2010.
92. SHELBORNE, K. D.; GRAY, T. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 28, n. 4, p. 446-452, jul./aug. 2000.
93. PINCZEWSKI, L. A.; LYMAN, J.; SALMON, L. J. et al. A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 35, n. 4, p. 564-574, apr. 2007.

94. JÄRVELÄ T.; NYSSÖNEN, M.; KANNUS, P. et al. Bone-patellar tendon-bone reconstruction of the anterior cruciate ligament. A long-term comparison of early and late repair. *International Orthopaedics*, Berlin, v. 23, n. 4, p. 227-231, 1999.
95. SMITH, T. O.; DAVIES, L.; HING, C. B. Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 18, n. 3, p. 304-311, mar. 2010.
96. SAJOVIC, M.; VENGUST, V.; KOMADINA R. et al. A prospective, randomized comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: five-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 34, n. 12, p. 1933-1940, dec. 2006.
97. MAGNUSSEN, R. A.; CAREY, J. L.; SPINDLER, K. P. Does autograft choice determine intermediate-term outcome of ACL reconstruction? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 19, n. 3, p. 462-472, mar. 2011.
98. MOHTADI, N. G.; CHAN, D. S.; DAINITY, K. N. et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, Oxford, sep. 2011. CD005960.
99. SHELBORNE, K. D.; URCH S. E.; GRAY T. et al. Loss of normal knee motion after anterior cruciate ligament reconstruction is associated with radiographic arthritic changes after surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 40, n. 1, p. 108-113, jan. 2012.
100. DODDS, A. L.; GUPTE, C. M.; NEYRET, P. et al. Extra-articular techniques in anterior cruciate ligament reconstruction: a literature review. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 93, n. 11, p. 1440-1448, nov. 2011.
101. MARTI, R. K.; VERHAGEN, R. A.; KERKHOFFS, G. M. et al. Proximal tibial varus osteotomy. Indications, technique, and five to twenty-one-year results. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 83-A, n. 2, p. 164-170, feb. 2001.
102. TETSWORTH, K.; PALEY, D. Malalignment and degenerative arthropathy. *The Orthopedic Clinics of North America*, Philadelphia, v. 25, n. 3, p. 367-377, jul. 1994.
103. WU, D. D.; BURR, D. B.; BOYD, R. D. Et al. Bone and cartilage changes following experimental varus or valgus tibial angulation. *Journal of Orthopaedic Research*, New York, v. 8, n. 4, p. 572-585, jul. 1990.
104. JACKSON, J. P.; WAUGH, W. Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, 1961. v. 43-B, p. 746-751, nov. 1961.
105. COVENTRY, M. B.; ILSTRUP, D. M.; WALLRICHS, S. L. Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 75, n. 2, p. 196-201, feb. 1993.

106. IVARSSON, I.; MYRNERTS, R.; GILLQUIST, J. High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 year follow-up. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 72, n. 2, p. 238-244, mar. 1990.
107. Rudan, J. F.; Simurda, M. A. Valgus high tibial osteotomy. A long-term follow-up study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 268, p. 157-160, jul. 1991.
108. HUTCHISON, C. R.; CHO, B.; WONG, N. et al. Proximal valgus tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *Instructional Course Lectures*, St. Louis, v. 48, p. 131-134, 1999.
109. STEIN, B. E.; WILLIAMS 3RD, R. J.; WICKIEWICZ, T. L. Arthritis and osteotomies in anterior cruciate ligament reconstruction. *The Orthopedic Clinics of North America*, Philadelphia, v. 34, n. 1, p. 169-181, jan. 2003.
110. NEUSCHWANDER, D. C.; DREZ JR., D.; PAINE, R. M. Simultaneous high tibial osteotomy and ACL reconstruction for combined genu varum and symptomatic ACL tear. *Orthopedics*, Thorofare, v. 16, n. 6, p. 679-684, jun. 1993.
111. DEJOUR, H.; NEYRET, P.; BOILEAU, P. et al. Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 299, p. 220-228, feb. 1994.
112. WILLIAMS 3RD, R. J.; KELLY, B. T.; WICKIEWICZ, T. L. et al. The short-term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic ACL deficiency. *The Journal of Knee Surgery*, Stuttgart, v. 16, n. 1, p. 9-16, jan. 2003.

### 3 HIPÓTESES

**Hipótese nula:** a reconstrução do ligamento cruzado anterior com técnica exatamente igual, com exceção do ponto de entrada do túnel tibial (medial ou lateral), leva ao mesmo grau de abertura articular medial a 0 e 20° de flexão durante o estresse em valgo.

**Hipótese alternativa:** a reconstrução do ligamento cruzado anterior com túnel tibial realizado a partir do ponto de entrada alternativo (lateral) restringe menos o grau de abertura medial a 0 e/ou 20° de flexão durante o estresse em valgo.

#### 4 OBJETIVO GERAL

Comparar o grau de abertura articular medial do joelho com estresse em valgo aplicado a joelhos de cadáveres submetidos à reconstrução intra-articular do ligamento cruzado anterior usando enxerto de tendão semitendinoso e grácil, com técnicas exatamente iguais, com exceção do ponto de entrada do túnel tibial: a partir da metáfise anteromedial ou anterolateral.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Delineamento da pesquisa

Estudo experimental.

### 5.2 Amostra

#### 5.2.1 Critérios de inclusão

Cadáveres de pessoas com idades entre 15 e 50 anos, com joelhos intactos, apresentando boa flexão, extensão e estabilidade ligamentar adequada.

#### 5.2.2 Critérios de exclusão

Presença de lesão ligamentar ou cirurgia de joelho, fratura ou infecção articular prévias.

#### 5.2.3 Amostragem

06 joelhos para cada técnica cirúrgica, totalizando 03 cadáveres.

#### 5.2.4 Consentimento livre e esclarecido

Os familiares dos cadáveres selecionados para o estudo tiveram oportunidade de ler, discutir e esclarecer dúvidas com o pesquisador responsável sobre os objetivos e possíveis prejuízos da pesquisa. Para os mesmos, foi apresentado um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 1) e lido oralmente pelo pesquisador responsável e individualmente pelo familiar. Os familiar(es) tiveram o direito de não assinar o consentimento livre e esclarecido.

## 5.3 Procedimentos

### 5.3.1 Grupos estudados

Foram selecionados 6 joelhos e divididos em quatro grupos, lembrando que o desfecho procurado foi a medida da abertura da interlinha medial em mm durante o estresse em valgo:

- a) LCA íntegro (n = 6) – Grupo com LCA intacto (Grupo I);
- b) LCA seccionado (n = 6) – Grupo com LCA seccionado (Grupo S);
- c) Técnica com reconstrução ligamentar intra-articular clássica, com túnel tibial realizado na metáfise proximal medial (n = 6) – Grupo reconstrução clássica (Grupo RC);
- d) Técnica com reconstrução ligamentar intra-articular alternativa, com túnel tibial realizado na metáfise proximal lateral (n = 6) – Grupo reconstrução alternativa (Grupo RA).

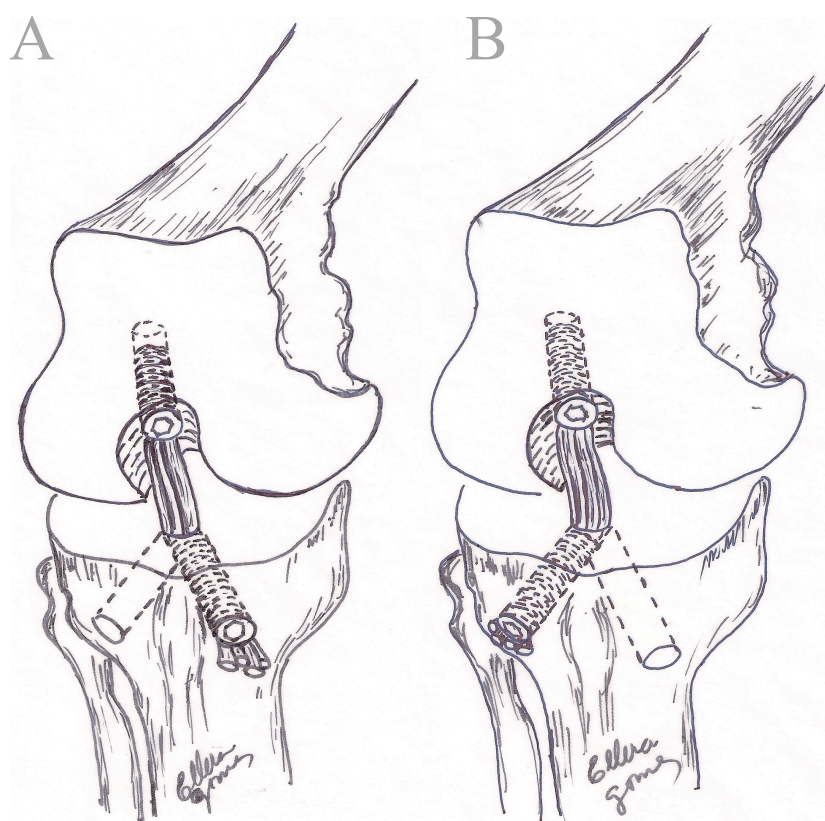
É importante observar que cada joelho foi submetido às duas técnicas, de forma sucessiva, iniciando-se pela técnica clássica. Assim, cada joelho pôde ser seu próprio controle.

Todas as amostras foram submetidas a esta avaliação:

- a) Avaliação clínica quanto à estabilidade dos joelhos através inspeção, à procura de possíveis cirurgias realizadas ou danos sofridos pelo joelho, como lesões ligamentares, e testes de estabilidade articular, para certificar que não existia patologias na articulação do joelho como diminuição da mobilidade, instabilidade ligamentar, além de possível osteoartrite;
- b) Foi coletado enxerto livre de semitendinoso e grácil e realizada artrotomia medial para visualização do intercôndilo. Logo após, foi realizada uma artrotomia medial acessória, centrada sobre a interlinha medial, sobre o ligamento colateral medial (LCM), com ressecção das partes moles (parte do LCM, e menisco medial), medindo 02 x 04 cm. A mensuração do grau de abertura medial foi realizada analisando-se essa artrotomia. Em todas as peças, foi realizado túnel tibial a partir de um ponto de entrada anteromedial, com uma angulação medial de 30° em relação ao plano sagital, e com ponto de saída no *footprint* tibial do LCA. O guia tibial sempre foi regulado para que o túnel tivesse 55° de inclinação em relação à linha articular (Grupo RC). Logo após, foi realizado túnel tibial a partir de

um ponto de entrada anterolateral, com uma angulação lateral de 30° em relação ao plano sagital, e com ponto de saída no *footprint* tibial do LCA. O guia tibial sempre foi regulado para que o túnel tivesse 55° de inclinação em relação à linha articular (Grupo RA). O túnel femoral sempre foi realizado no ponto anatômico, no centro da origem do LCA. Após fixação femoral do enxerto com parafuso de interferência absorvível 8x30 mm (Conmed/Linvatec, Largo, FL), o mesmo foi tensionado com o joelho a 20° de flexão (tensionamento de 40 N) e fixado na tibia, iniciando-se sempre pelo túnel medial (Figura 1). Após a reconstrução estar pronta, foi mensurado o grau de abertura da interlinha articular medial, com estresse em valgo e com o joelho a 0 e a 20° de flexão;

Figura 1 – esquema gráfico da reconstrução do LCA a partir do túnel medial (A) e a partir do túnel lateral (B).



- c) O grau de abertura articular medial foi mensurado mediante uso de fotografia com câmera digital fixada a tripé, a uma distância constante de 50 cm e centrada sobre o joelho. Foi usada uma régua milimetrada como referência. Para melhorar a avaliação da medida, foi realizada uma



artrotomia retangular acessória (2 x 4 cm) na face medial dos joelhos, centrada na interlinha articular. A abertura medial foi mensurada em 04 situações: LCA íntegro (Grupo I), LCA seccionado (Grupo S), reconstrução clássica do LCA (Grupo RC) e reconstrução alternativa do LCA (Grupo RA). Foi aplicada um estresse em valgo de 40 N, sendo usado um artrômetro da Stryker, o qual já foi validado por estudos prévios;<sup>1-3</sup>

- d) Todo o procedimento (itens supracitados) foi realizado no Departamento Médico Legal (DML).

#### 5.4 Randomização

Não haverá randomização, porém cada cadáver será submetido a dois tipos de reconstrução ligamentar. Cada joelho será seu próprio controle.

#### 5.5 Mascaramento

O avaliador das imagens, que mensurou a media de abertura medial foi mascarado. As imagens obtidas foram formatadas de modo a impedir que o avaliador distinguísse os grupos.

#### 5.6 Variáveis

##### 5.6.1 Variáveis primárias

Diferença entre o grau de abertura do compartimento medial do joelho a 0 e 20° em quatro momentos:

- a) Primeiro (1): logo após a artrotomia medial, com o LCA íntegro;
- b) Segundo (2): antes do procedimento cirúrgico, já com o ligamento cruzado anterior seccionado;
- c) Terceiro (3): após a reconstrução com a técnica clássica; e
- d) Quarto (4): após a reconstrução com a técnica alternativa.

## 5.7 Método estatístico

### 5.7.1 Cálculo do tamanho da amostra

Para se obter um poder de estudo de 80%, considerando-se alfa de 5%, devem ser estudados 06 casos, considerando uma diferença estatisticamente significativa quando a diferença da amplitude de abertura articular medial for superior a 02 milímetros entre os grupos. Para cálculo da amostra, foi usado o desvio-padrão do grau de abertura da interlinha medial em joelhos normais de cadáver obtido em estudo de LaPrade et al.<sup>4</sup>

### 5.7.2 Análise estatística

Os dados obtidos permitiram comparar os grupos entre si. A análise estatística feita por meio de software SPSS 21.0 (IBM) para Windows (Microsoft) em colaboração de estatísticos do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação-Hospital de Clínicas de Porto Alegre (GPPG-HCPA). Por se tratarem de dados paramétricos, foi utilizado o teste ANOVA para fazer a comparação das médias de medidas repetidas. Após, foi realizado o teste de ajuste de Finner para comparações múltiplas. Um valor de  $P < .05$  foi considerado significativo.

## REFERÊNCIAS

1. ANDERSON, A. F.; SNYDER, R. B.; FEDERSPIEL, C. F. et al. Instrumented evaluation of knee laxity: a comparison of five arthrometers. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 20, n. 2, p. 135-140, mar./apr. 1992.
2. STEINER, M. E.; BROWN, C.; ZARINS, B. et al. Measurement of anterior-posterior displacement of the knee. A comparison of the results with instrumented devices and with clinical examination. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 72, n. 9, p. 1307-1315, oct. 1990.
3. HIGHGENBOTEN, C. L.; JACKSON, A.; MESKE, N. B. Genucom, KT-1000, and Stryker knee laxity measuring device comparisons. Device reproducibility and interdevice comparison in asymptomatic subjects. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 17, n. 6, p. 743-746, nov./dec. 1989.
4. LAPRADE, R. F.; BERNHARDSON, A. S.; GRIFFITH, C. J. et al. Correlation of valgus stress radiographs with medial knee ligament injuries: an in vitro biomechanical study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 2, p. 330-338, feb. 2010.

ARTIGO ORIGINAL EM PORTUGUÊS

CORRELAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO DO TÚNEL TIBIAL E A  
SOBRECARGA MEDIAL NA RECONSTRUÇÃO INTRA-ARTICULAR DO  
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM TENDÃO SEMITENDINOSO E GRÁCIL.

Eduardo Zaniol Migon, M.D.;<sup>1</sup> José Mauro Zimmermann Júnior, M.D.;<sup>2</sup> Geraldo Luiz Schuck de Freitas, M.D.;<sup>3</sup> João Luiz Ellera Gomes, M.D., Ph.D.<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

**Endereço para correspondência:**

Rua/Av.: **Avenida Lavras, nº 46, apto 501**

Cidade/Estado: Porto Alegre / RS

CEP: 90460-040

Fone: (51) 81148575

Email: edumigon@hotmail.com

**Palavras-chave:** ligamento cruzado anterior do joelho. artrose do joelho. túnel tibial.

## RESUMO

**Introdução:** O ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal restritor à translação tibial anterior. O tratamento indicado para indivíduos atleticamente ativos é cirúrgico. Apesar de serem encontradas descrições de bons-excelentes resultados em mais de 80% dos casos, ainda há complicações relevantes, sendo a evolução para a artrose uma ocorrência frequente. Sabe-se que pacientes com desvio do eixo em varo, lesões condrais mediais e/ou meniscectomia medial têm maior evolução para artrose do compartimento medial. A realização da reconstrução intra-articular clássica, com tensionamento do enxerto e fixação do mesmo no túnel tibial, o qual tem ponto na metáfise medial, pode ser causa de sobrecarga medial.

**Objetivo:** O presente estudo visa comparar duas técnicas de reconstrução intra-articular do LCA distintas entre si apenas no que tange ao ponto de entrada tibial (metáfise medial ou lateral) e o resultante grau de sobrecarga medial.

**Método:** Estudo transversal, não randomizado, experimental em cadáveres. Três cadáveres (06 joelhos) foram submetidos à reconstrução intra-articular do ligamento cruzado anterior. Foi mensurado o grau de abertura articular medial em milímetros (mm) a 0 e 20° de flexão durante o estresse controlado em valgo (40 N) em quatro situações: LCA íntegro (grupo I), LCA seccionado (Grupo S), LCA reconstruído com o ponto de entrada do túnel tibial na

posição clássica anteromedial (Grupo RC) e LCA reconstruído com o ponto de entrada do túnel tibial na posição alternativa anterolateral (Grupo RA).

**Resultados:** A média de abertura medial a 0 e a 20 graus de flexão foram respectivamente de 3,48 e 3,55 (grupo I), 5,82 e 5,97 (grupo S), 3,22 e 3,27 (grupo RC), 5,27 e 5,28 (Grupo RA). Houve diferença significativa entre todos os grupos, com exceção da comparação Grupo I x Grupo RC, tanto a 0 como a 20 graus de flexão.

**Conclusão:** O túnel tibial com entrada na região anterolateral da metáfise tibial lateral causa menor restrição medial do que a técnica de posicionamento clássico do túnel.

**Palavras-chave:** Ligamento cruzado anterior do joelho. Artrose do joelho. Túnel tibial.

## INTRODUÇÃO

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal motivo de cirurgia ligamentar do joelho, com mais de 80.000 a 250.000 procedimentos realizados anualmente nos EUA.<sup>1</sup> Resultados bons a excelentes podem ser esperados em mais de 80% dos pacientes operados,<sup>2</sup> porém a evolução para artrose ainda permanece uma complicação inevitável para muitos casos.

Já foram descritas muitas causas de gonartrose pós-ruptura do LCA, tais como a contusão do osso subcondral,<sup>3-7</sup> as lesões meniscais,<sup>8,9</sup> a deformidade em varo do joelho<sup>10</sup> e instabilidade residual.<sup>11</sup> Ademais, até o presente momento, não há evidência de que a sua reconstrução previna a sua ocorrência.<sup>12</sup>

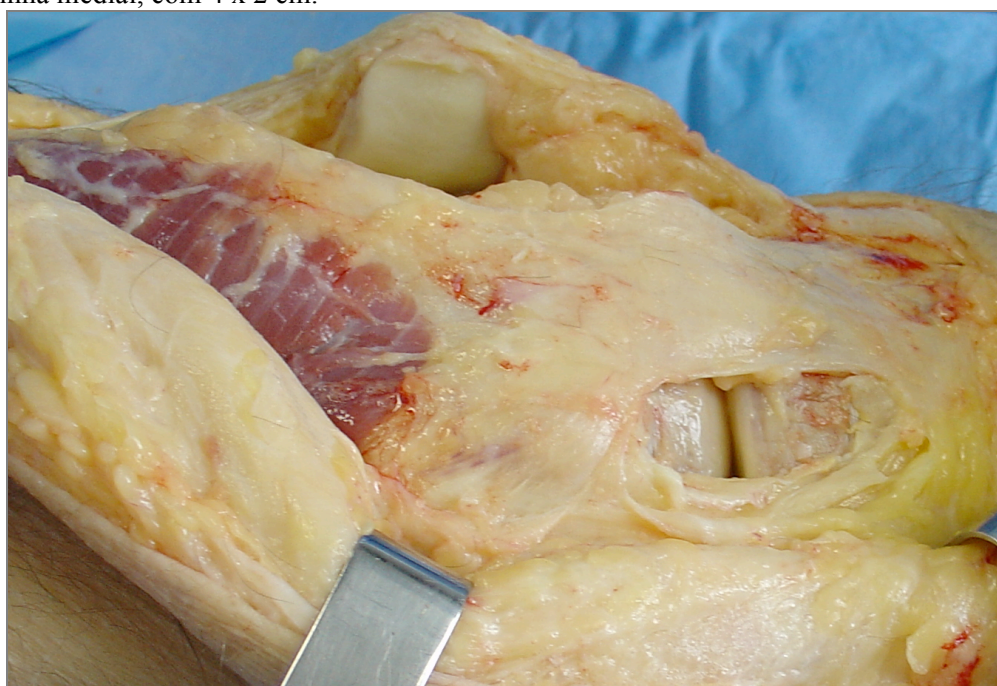
Existem diversas técnicas disponíveis para se retardar a evolução para a artrose: osteotomias, reparo condral, sutura meniscal. No entanto, a literatura carece de estudos avaliando o efeito da posição do túnel tibial sobre a sobrecarga no compartimento medial do joelho e seu possível efeito no desenvolvimento da artrose do joelho. Esse estudo visa avaliar um posicionamento alternativo do túnel tibial e seu efeito na constrição do compartimento medial do joelho.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram selecionados seis joelhos de três cadáveres, com idade média de 33,3 anos (20 a 50), sem evidência de cicatrizes cirúrgicas ou de instabilidade ligamentar ao exame clínico. Casos com idades superiores a 50 anos ou sinais de osteoartrose ao exame físico foram excluídos.

Foi realizado exame físico completo do joelho antes de se iniciar o procedimento cirúrgico. Para participar do estudo, os joelhos deveriam apresentar amplitude de movimento completa e nenhum sinal de instabilidade articular. A técnica cirúrgica envolveu a realização de uma via de acesso longitudinal anterior ao joelho, com 20 cm de extensão, dissecação do tecido subcutâneo à fásica e artrotomia parapatelar medial. Além disso, foi realizada uma “janela” na cápsula sobre o terço médio da interlinha medial com extensão de 4x2 cm (Figura 1).

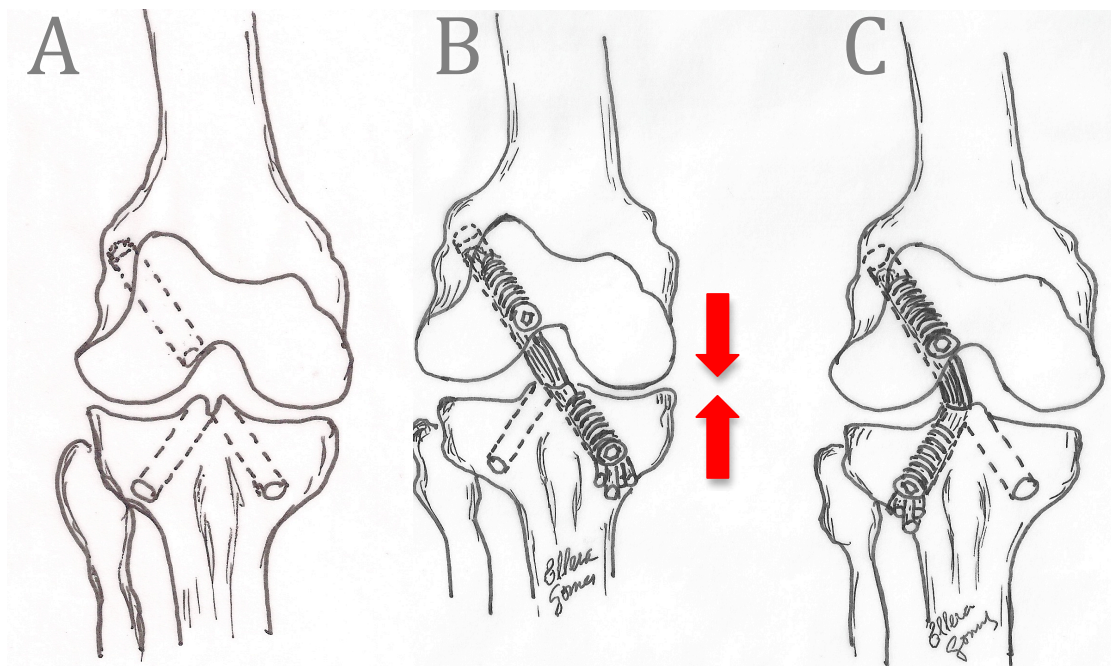
Figura 1 - Imagem clínica da face medial do joelho demonstrando a janela capsular medial, centrada na interlinha medial, com 4 x 2 cm.



Após, foram coletados os tendões dos músculos grácil e semitendinoso e preparados para formar um enxerto quádruplo, sendo que cada extremidade foi submetida a sutura do tipo Krackow com fio ethbond no. 5. Depois, o LCA nativo foi ressecado com o cuidado de não se injuriar a *footprint* tibial e femoral. Foram realizados túneis de 8mm com ponto de entrada na metáfise tibial medial e lateral (ambos com 30° de inclinação em relação ao plano sagital para medial e lateral respectivamente) e de saída no *footprint* de inserção do LCA na tibia. Assim, todos os joelhos estudados foram submetidos à confecção de dois túneis tibiais (Figura 2). O guia tibial foi sempre usado com inclinação de 55°. Após, foi realizado o túnel femoral com diâmetro de 8mm sobre o *footprint* da origem femoral do LCA, estando o joelho fletido a 120°. O enxerto foi passado e fixado no túnel femoral com um parafuso de interferência absorvível de 8x30 mm (Conmed/Linvatec, Largo, FL). Finalmente, o enxerto foi tensionado

estando o joelho flexionado a 20° de flexão e fixado primeiramente no túnel medial e após no lateral, com parafuso de interferência absorvível X-lock (Conmed/Linvatec, Largo, FL).

Figura 2 – de um joelho direito indicando a realização do túnel tibial medial e lateral. No detalhe, as setas representam a maior sobrecarga medial na reconstrução com túnel tibial medial (B).



### Teste biomecânico

A fim de avaliar a sobrecarga do compartimento medial, os joelhos foram submetidos a estresse em valgo. Tanto a coxa, como o tornozelo foram fixados à mesa de cirurgia. O grau de abertura articular medial durante o estresse em valgo foi avaliado a 0° e a 20° de flexão do joelho, de acordo com o IKDC (*International Knee Documentation Committee*).<sup>13</sup> A amostra foi testada em quatro estágios: LCA íntegro (grupo I), LCA seccionado (grupo S), reconstrução do LCA com túnel tibial medial (grupo RC – reconstrução clássica) e com túnel tibial lateral (grupo RA – reconstrução alternativa).

O estresse em valgo de 40 N foi aplicado de forma perpendicular ao longo eixo do membro inferior, exatamente sobre a linha articular do joelho, na sua face lateral, com um mecanismo tensionador já validado (Stryker).<sup>14-16</sup> Para quantificar o grau de abertura da interlinha medial, foi realizada uma fotografia centrada na interlinha articular medial. Uma régua transparente foi usada como referência para calibrar a imagem. Duas fotografias foram realizadas para cada medida.

Após, as imagens obtidas foram enviadas para análise. Um cirurgião cegado realizou as mensurações, sempre à busca do grau de abertura máximo.



### Análise dos dados

Para análise dos dados foi usado o programa SPSS 21.0 (IBM) para Windows (Microsoft). Por se tratarem de dados paramétricos, foi utilizado o teste ANOVA para fazer a comparação das médias de medidas repetidas. Após, foi realizado o teste de ajuste de Finner para comparações múltiplas. Um valor de  $P < .05$  foi considerado significativo.

### RESULTADOS

Todos os dados obtidos das mensurações estão expressos na Tabela 1 (abertura medial a 0° de flexão) e na Tabela 2 (abertura medial a 20° de flexão). A abertura medial está descrita em milímetros (mm), e o estresse em valgo foi aplicado sempre a 0° e a 20° de flexão do joelho.

Tabela 1 - Abertura medial com estresse valgo a 0° de flexão do joelho.

Abertura medial com estresse em valgo a 0° de flexão do joelho							
	N (válidos)	Média	Desvio Padrão	Varição	Percentis		
					25	50	75
<b>Grupo I</b>	6	3,48	1,02	2,1 – 4,6	2,4	3,60	4,52
<b>Grupo S</b>	6	5,82	0,79	4,9 – 6,8	5,05	5,70	6,72
<b>Grupo RC</b>	6	3,22	0,94	2,1 – 4,4	2,10	3,45	3,95
<b>Grupo RA</b>	6	5,27	0,50	4,7 – 5,9	4,77	5,25	5,75

Os dados são expressos em milímetros (mm); estresse em valgo do joelho a 0° de flexão. Grupo I, LCA intacto; Grupo S, LCA seccionado; Grupo RC; posicionamento clássico do túnel tibial para reconstrução do LCA; Grupo RA, posicionamento alternativo lateral do túnel tibial.

Tabela 2 - Abertura medial com estresse em valgo a 20° de flexão do joelho.

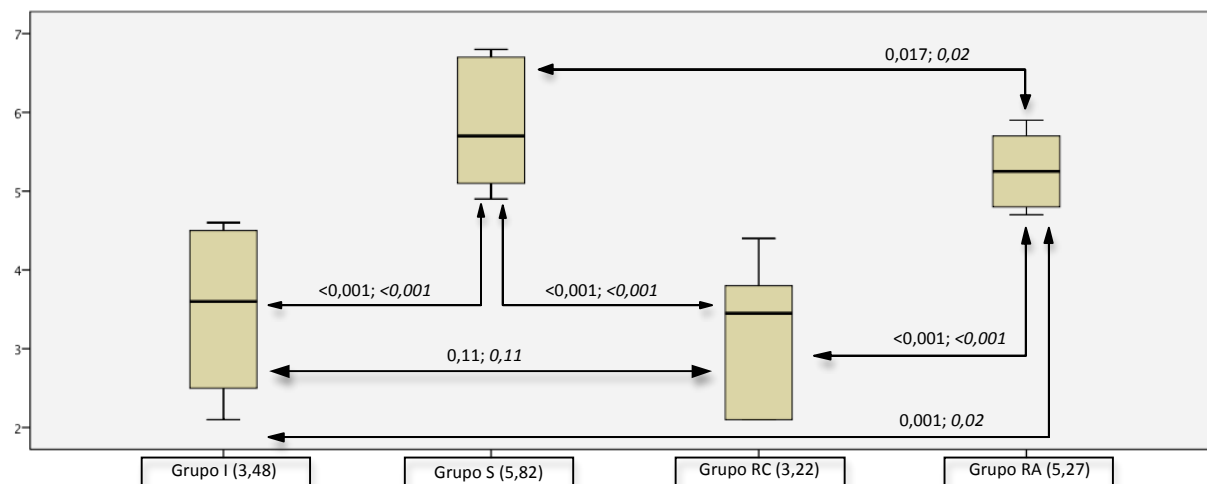
<b>Abertura medial com estresse em valgo a 20° de flexão do joelho</b>								
	N	Média	Desvio	Variação		Percentis		
	(válidos)		Padrão			25	50	75
<b>Grupo I</b>	6	3,55	1,07	2,2 –	2,27	3,80	4,55	
				4,7				
<b>Grupo S</b>	6	5,97	0,77	4,8 –	5,17	6,15	6,70	
				6,7				
<b>Grupo RC</b>	6	3,27	0,80	2,2 –	2,35	3,45	3,97	
				4,2				
<b>Grupo RA</b>	6	5,28	0,64	4,2 –	4,72	5,45	5,82	
				5,9				

Os dados são expressos em milímetros (mm); estresse em valgo do joelho a 20° de flexão. Grupo I, LCA intacto; Grupo S, LCA seccionado; Grupo RC; posicionamento clássico do túnel tibial para reconstrução do LCA; Grupo RA, posicionamento alternativo lateral do túnel tibial.

### **Comparação entre os grupos a 0° de flexão**

Com exceção da comparação entre o Grupo I e o RC, houve diferença estatisticamente significativa quando realizada comparação entre todos os outros grupos, na medida de abertura medial durante estresse em valgo a 0° de flexão do joelho, mesmo após ajuste de Finner (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Abertura medial com estresse em valgo do joelho a 0° de flexão.

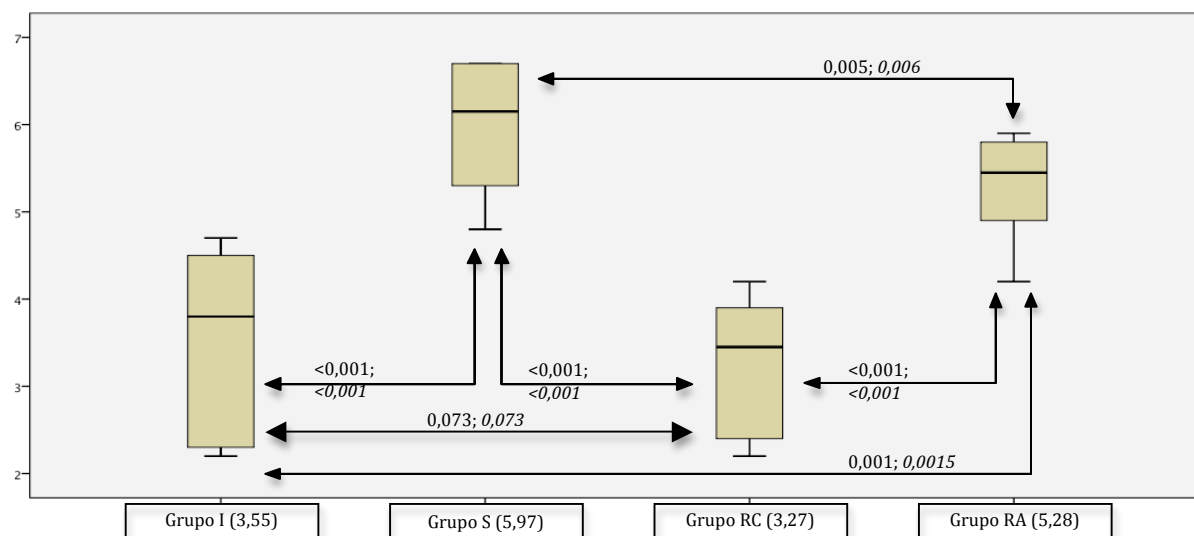


Grupo I, LCA intacto; Grupo S, LCA seccionado; Grupo RC; posicionamento clássico do túnel tibial para reconstrução do LCA; Grupo RA, posicionamento alternativo lateral do túnel tibial, com suas respectivas médias em milímetros (mm). Valores de P após teste ANOVA. Os dados em *Itálico* referem-se à correção do valor P após teste de ajuste de Finner.

### Comparação entre os grupos a 20° de flexão

De forma similar ao que ocorreu a 0° de flexão, excetuando-se a comparação entre o Grupo I e o RC, houve diferença estatisticamente significativa quando realizada comparação entre todos os grupos, na medida de abertura medial durante estresse em valgo a 20° de flexão do joelho, mesmo após ajuste de Finner (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Abertura medial com estresse em valgo do joelho a 20° de flexão.



Grupo I, LCA intacto; Grupo S, LCA seccionado; Grupo RC; posicionamento clássico do túnel tibial para reconstrução do LCA; Grupo RA, posicionamento alternativo lateral do túnel tibial, com suas respectivas médias em milímetros (mm). Valores de P após teste ANOVA. Os dados em *Itálico* referem-se à correção do valor P após teste de ajuste de Finner.

## DISCUSSÃO

A associação entre a hiperpressão do compartimento medial e o desenvolvimento de gonartrose é bem estabelecida na literatura.<sup>17</sup> Além disso, a ruptura do LCA já foi largamente implicada na sua gênese.<sup>18,19</sup> Existem diversos fatores associados que podem justificar tal ocorrência, tais como as lesões condrais, as rupturas meniscais, o alinhamento em varo, as contusões ósseas, a instabilidade e a rigidez articular.<sup>20</sup>

LaPrade et al.,<sup>21</sup> por meio de estudo biomecânico, descreveram o grau de abertura do compartimento medial associado à divisão sequencial de estruturas estabilizadoras estáticas do joelho. Somado a isso, há evidência que a secção do LCA e o ligamento colateral medial transfere o pico de pressão de contato do joelho para o seu compartimento lateral.<sup>22</sup> Os resultados desse trabalho indicam que a confecção de um túnel tibial para a reconstrução do LCA a partir de um ponto de entrada lateral acarretou uma abertura medial durante o estresse em valgo maior do que quando comparada à técnica tradicional. A partir desses achados e dos dados obtidos de estudos biomecânicos prévios, parece lógico que o posicionamento alternativo do túnel tibial pode diminuir a pressão de contato no compartimento medial do joelho.

A literatura carece de estudos avaliando o posicionamento alternativo do túnel tibial para a reconstrução do LCA. A maioria dos artigos publicados nesse sentido alertam para a possibilidade de impacto do enxerto contra o teto do intercôndilo quando o túnel tibial é posicionado demasiadamente anterior<sup>23</sup> ou contra o ligamento posterior, quando posicionado muito posteriormente.<sup>24</sup> Apesar dos cuidados salientados com o posicionamento no plano sagital, pouco foi pesquisado acerca do posicionamento no plano coronal do túnel tibial.

Sauter et al.<sup>25</sup> revisaram os resultados de 50 reconstruções de LCA, cuja peculiaridade foi o ponto de entrada do túnel tibial, situado no leito ósseo criado a partir da retirada do baguete ósseo do enxerto de tendão patelar. Após seguimento médio de 26 meses, 45 pacientes apresentavam estabilidade articular satisfatória ao exame físico. O escore médio da escala de Lysholm e Tegner foi de  $85 \pm 14,5$  e  $26,5 \pm 1,9$ , respectivamente.<sup>25</sup>

Em 2012, Van der Bracht et al.<sup>26</sup> publicaram um estudo biomecânico comparando duas técnicas para realização de túnel tibial para revisão de reconstrução do LCA: túnel tibial clássico e lateral. Os autores concluíram não haver diferença em termos de estabilidade ligamentar entre os dois túneis. No entanto, descreveram o fato de que o túnel lateral apresentava comprimento significativamente maior que o clássico.<sup>26</sup>

O mesmo autor conduziu um outro estudo biomecânico afim de se avaliar o túnel tibial lateral em termos de força de fixação e modo de falha do enxerto. Nessa pesquisa, dez pares

de tíbias proximais humanas foram usadas para comparar a reconstrução do LCA usando um túnel tibial lateral e um clássico. Como enxerto, foi selecionado semitendinoso e grácil dobrados (autólogo quádruplo). Como conclusão, não foi encontrada diferença no modo de falha ou na força de fixação dos enxertos quando comparados os dois túneis.<sup>27</sup>

Em aos casos de artrose unicompartmental de joelhos com deficiência do LCA, especialmente em pacientes jovens e ativos, sabe-se que o tratamento é um dilema cuja solução definitiva ainda está distante. Além de ser um procedimento que eleva o número de complicações, as osteotomias tibiais altas têm falhado em demonstrar uma clara interrupção da progressão do processo degenerativo articular, e os pacientes submetidos a procedimentos combinados raramente conseguem retomar as suas atividades pré-lesão.<sup>28-30</sup>

Finalmente, a hipótese de que um túnel tibial posicionado medialmente pudesse induzir ou agravar a artrose medial é reforçada pela análise retrospectiva de pacientes submetidos à reconstrução extra-articular do LCA. Há evidência científica que esse tipo de procedimento pode causar artrose no compartimento lateral do joelho por hipertensionamento ligamentar.<sup>31-33</sup>

## **CONCLUSÃO E RELEVÂNCIA CLÍNICA**

O posicionamento lateral do túnel tibial para a reconstrução do LCA causa menor restrição de abertura do compartimento medial do que o túnel tibial clássico medial. No entanto, estudos clínicos deveriam ser realizados para confirmar esse achado biomecânico.

Os pacientes com lesão do LCA e com uma das seguintes condições - deformidade em varo, lesão condral ou meniscal medial - podem se beneficiar dessa nova técnica. Ademais, a realização da osteotomia, procedimento maior e mais complexo, poderia dessa forma ser evitado.

ARTIGO ORIGINAL EM INGLÊS

## MEDIAL KNEE COMPARTMENT OVERLOAD AND TIBIAL TUNNEL POSITIONING DURING ACL RECONSTRUCTION: A BIOMECHANICAL STUDY

Eduardo Zaniol Migon, M.D.;<sup>1</sup> José Mauro Zimmermann Júnior, M.D.;<sup>2</sup> Geraldo Luiz Schuck de Freitas, M.D.;<sup>3</sup> João Luiz Ellera Gomes, M. D., PhD.<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brazil. Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Porto Alegre, RS, Brazil.  
<sup>3</sup> Irmandade Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

### **Corresponding author:**

Rua/Av.: **Avenida Lavras, nº 46, apto 501**

Cidade/Estado: Porto Alegre / RS

CEP: 90460-040

Fone: (51) 81148575

Email: edumigon@hotmail.com

### **ABSTRACT**

**Introduction:** Anterior Cruciate Ligament (ACL) is the main stabilizer of the anterior tibial translation. Surgical treatment usually is indicated for Young and active individuals. Even though good to excellent results are expected in 80% of the cases, there are several complications, and arthrosis progression still is a concern. Varus, condral and menisci injuries are well known risk of factors to gonarthrosis. Classic intra-articular ACL reconstruction with medial sided tibial tunnel positioning and tensioning can be a cause of medial compartment overload.

**Purpose:** The present study aims to compare two similar intra-articular ACL reconstructions, differing one another only by the tibial tunnel entry, and its effect on medial compartment load.

**Methods:** Transversal, non-randomized, experimental biomechanical study. ACL reconstruction was performed in three fresh cadavers (06 knees). Medial joint opening was measured in terms of millimeters (mm) during controlled valgus stress (40 N) both at 0 and 20 degrees of flexion. The specimens were tested in the intact state (group I) and after sectioning of ACL (group S). Also, they were tested after ACL reconstruction with medial (group MT) and lateral tunnel fixation (group LT).

**Results:** Mean medial joint opening at 0 and 20 degrees of flexion were respectively 3,48 e 3,55 (group I), 5,82 e 5,97 (group S), 3,22 e 3,27 (group MT), 5,27 e 5,28 (group LT). Statistically significant difference occurred in comparisons between all groups, but in group I x MT, both at 0 and 20 degrees of flexion.

**Conclusion:** The lateral based tibial tunnel for ACL reconstruction leads to lesser medial joint overload than the classic medial one.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament of the knee. Knee arthrosis. Tibial tunnel.

## INTRODUCTION

The anterior cruciate ligament (ACL) remains the most commonly reconstructed ligament in the knee, with more than 80,000 to 250,000 procedures performed per year in the United States alone.<sup>1</sup> Although good to excellent results can be expected in more than 80% of procedures,<sup>2</sup> there is still some concern about progression to arthrosis.

Many causes of gonarthrosis after ACL rupture have been described, such as bone contusion or bruises,<sup>3-7</sup> meniscus injury,<sup>8,9</sup> varus deformity,<sup>10</sup> and residual instability.<sup>11</sup> Thus far, there is no evidence that ACL reconstruction prevents development of gonarthrosis.<sup>12</sup>

Several techniques are available to slow the progression of gonarthrosis, including osteotomy, chondral repair/restoration, and meniscal suture. However, to the best of our knowledge, no research has assessed the influence of tibial tunnel positioning on medial knee compartment overload. The present study evaluates an alternative to conventional tibial tunnel positioning and its effect on limitation of medial compartment opening.

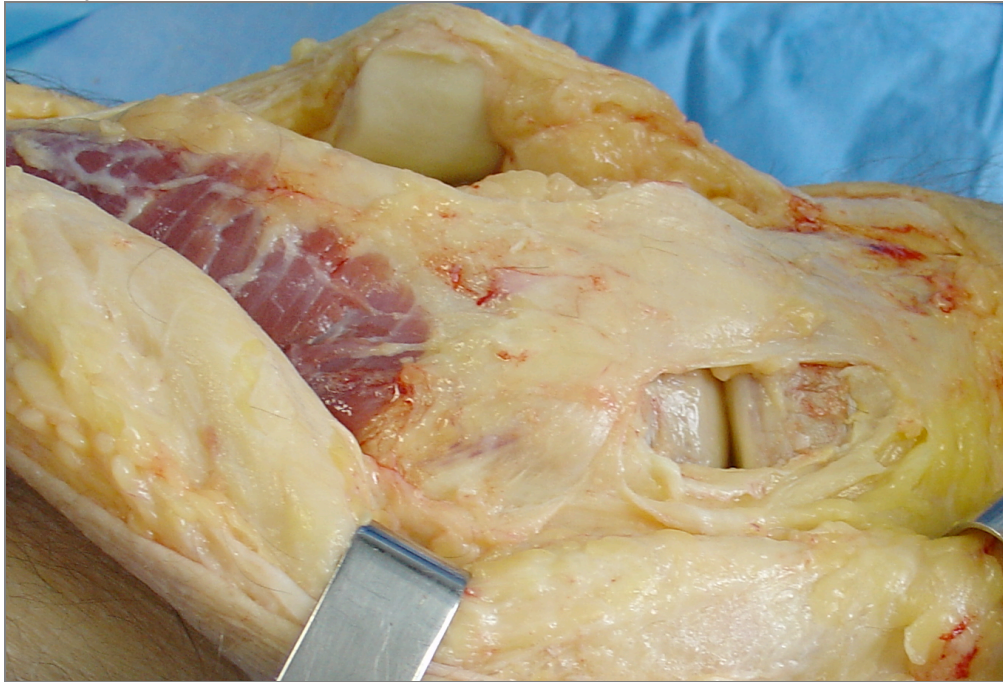
## MATERIALS AND METHODS

Six fresh cadaver knees (mean age, 33.3 years; range, 20-50 years), without evidence of surgical scars or ligament instability on clinical examination, were used for this study. Knees with apparent osteoarthritis on physical examination or from patients aged > 50 years were not accepted.

Before the start of the procedure, a thorough physical examination of the knee was conducted. Knees were required to exhibit full range of motion and no signs of instability. The surgical approach began with a 20-cm longitudinal incision just anterior to the knee. The subcutaneous tissue was dissected down to the fascia. A longitudinal medial parapatellar arthrotomy was made and a 4x2-cm medial capsular window was fashioned precisely over the medial aspect of the knee, centered on the joint line (Figure 1).

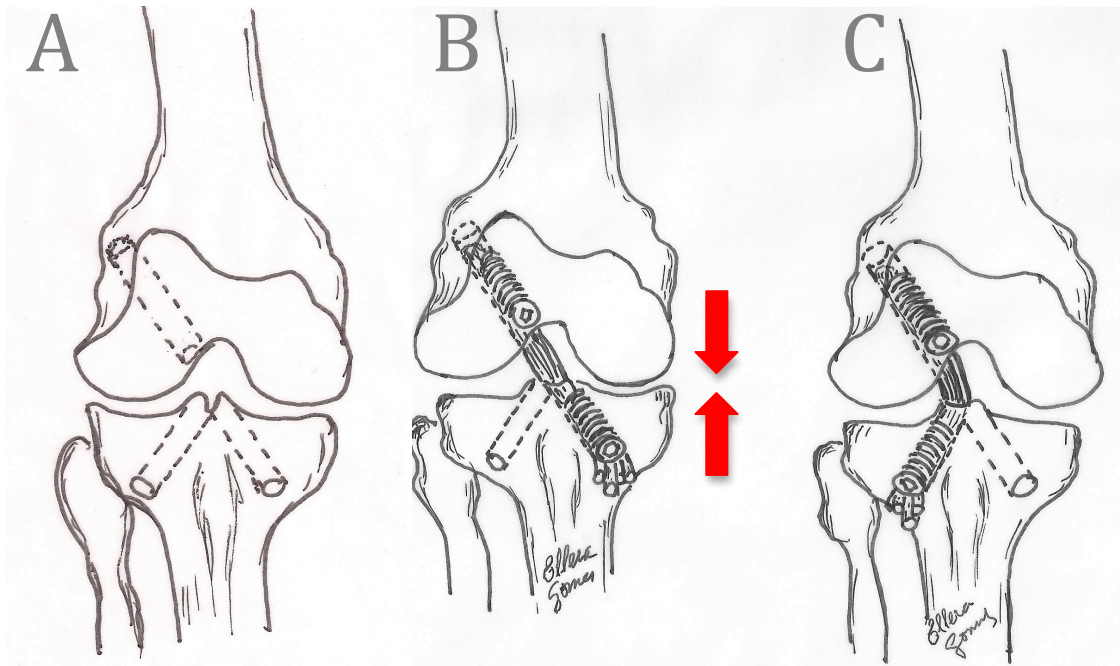


Figure 1 - Clinical image of the medial aspect of the knee, showing the 4x2-cm medial window centered on the joint line.



Semitendinosus and gracilis tendons were harvested and prepared to form a quadruple tendon graft. Each extremity of the graft was stitched with Ethibond no. 5 wire (Krackow suture). The native ACL was dissected down to the bone, with care not to injure the landmarks of its footprint both on the femur and tibia. A tibial tunnel 8 mm diameter was then made, starting on the medial proximal tibial metaphysis, with a 30° medial inclination from the sagittal plane. Another tibial tunnel was made, at the same angle, but starting at the lateral metaphysis and exiting at the same point as the medial one. Therefore, all knees received both medial and lateral tibial tunnels (Figure 2). The tibial guide was always set at 55°. The knees were then positioned at 120° of flexion and a femoral tunnel (also 8 mm in diameter) was fashioned over the native ACL footprint. The graft was passed and fixed on the femoral side with an 8x30 mm absorbable interference screw (Conmed/Linvatec, Largo, FL). Finally, the graft was tensioned at 20° of knee flexion (40 N) and fixed first on the medial tunnel and then on the lateral tunnel with 9x35mm X-lock bioscrews (Conmed/Linvatec, Largo, FL).

Figure 2 - Schematic drawing of a right knee showing the medial and lateral tibial tunnels (A) and reconstruction under stress from the medial (B) and lateral (C) tunnels (arrows showing medial overload during classic reconstruction)



### Biomechanical testing

To assess medial knee compartment constraining, the specimens were subjected to valgus stress. Both thigh and ankle were secured to the surgical table. Pursuant to International Knee Documentation Committee (IKDC) recommendations, valgus stress for assessment of medial opening was tested at 20° knee flexion<sup>13</sup> and in full extension. The specimens were tested in the intact state (group I) and after sectioning of the ACL (group S). They were also tested after ACL reconstruction with medial (group MT) and lateral tunnel fixation (group LT).

Valgus stress (40 N) was applied perpendicular to the lateral side of the knee using a previously validated tensioning device (Stryker).<sup>14-16</sup> To measure the medial joint line opening, the medial aspect of the knee was photographed. Images were centered on the medial joint line. As a reference, a ruler was used to calibrate the opening measurement. Two photographs were taken for each measure.

The images obtained were sent for analysis. A blinded knee surgeon were asked to measure the medial joint line opening. The maximum opening was recorded.

### Data analysis

Analyses were conducted in SPSS for Windows 21.0 (IBM). A parametric hypothesis test (ANOVA) was used to compare the related samples and assess whether their population

mean ranks differ. Finner's adjustment for multiple testing was performed. A  $P$ -value  $<0.05$  was considered significant.

## RESULTS

All data obtained from the measurements are listed in Table 1 (medial opening, full extension) and Table 2 (medial opening, 20° flexion). The average gap is expressed in millimeters (mm). Valgus stress was always applied to fully extended and 20°-flexed knees.

Table 1 - Medial opening under valgus stress at 0° knee flexion.

<b>Medial opening under valgus stress at 0° knee flexion</b>							
	N (valid)	Mean	SD	Range	Percentile		
					25	50	75
<b>Group I</b>	6	3.48	1.02	2.1 – 4.6	2.4	3.60	4.52
<b>Group S</b>	6	5.82	0.79	4.9 – 6.8	5.05	5.70	6.72
<b>Group RC</b>	6	3.22	0.94	2.1 – 4.4	2.10	3.45	3.95
<b>Group RA</b>	6	5.27	0.50	4.7 – 5.9	4.77	5.25	5.75

Data expressed in mm. Group I, intact ACL; Group S, sectioned ACL; Group RC, conventional tibial tunnel placement for ACL reconstruction; Group RA, alternative lateral tibial tunnel placement for ACL reconstruction.

Table 2 - Medial opening under valgus stress at 20° knee flexion.

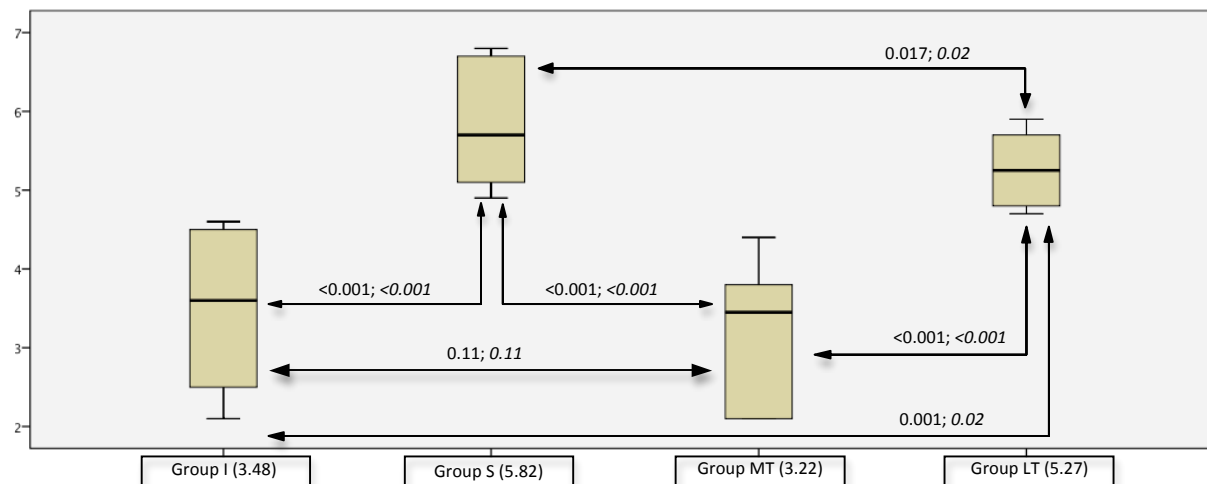
<b>Medial opening under valgus stress at 20° knee flexion</b>							
	N (valid)	Mean	SD	Range	Percentile		
					25	50	75
<b>Group I</b>	6	3.55	1.07	2.2 – 4.7	2.27	3.80	4.55
<b>Group S</b>	6	5.97	0.77	4.8 – 6.7	5.17	6.15	6.70
<b>Group RC</b>	6	3.27	0.80	2.2 – 4.2	2.35	3.45	3.97
<b>Group RA</b>	6	5.28	0.64	4.2 – 5.9	4.72	5.45	5.82

Data expressed in mm. Group I, intact ACL; Group S, sectioned ACL; Group RC, conventional tibial tunnel placement for ACL reconstruction; Group RA, alternative lateral tibial tunnel placement for ACL reconstruction.

### Fully extended knee group comparison

A statistically significant differences were observed across all groups, except between groups I and MT (Graph 1).

Graph 1 - Medial opening under valgus stress at 0° knee flexion.

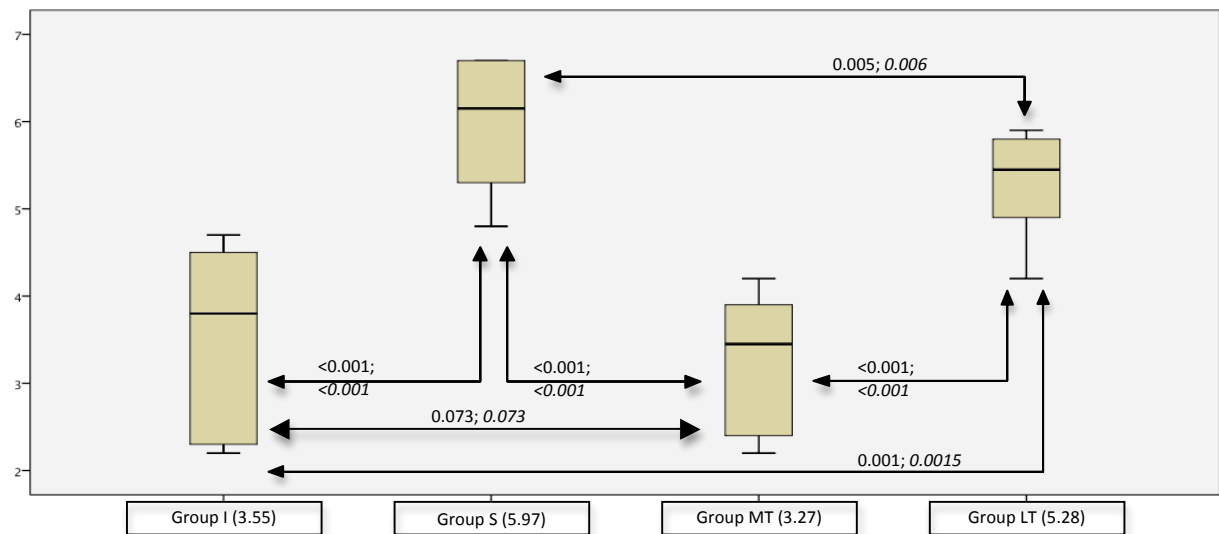


Group I, intact ACL; Group S, sectioned ACL; Group RC, conventional tibial tunnel placement for ACL reconstruction; Group RA, alternative lateral tibial tunnel placement for ACL reconstruction. Measurements expressed in mm. All P-values after ANOVA. P-values set in italic type were obtained by post-hoc correction with Finner's adjustment for multiple testing.

### Flexed knee group comparison

As seen in the fully extended knee group, there were statistically significant differences across all groups, except between groups I and MT (Graph 2).

Graph 2 - Medial opening under valgus stress at 20° knee flexion.



Group I, intact ACL; Group S, sectioned ACL; Group RC, conventional tibial tunnel placement for ACL reconstruction; Group RA, alternative lateral tibial tunnel placement for ACL reconstruction. Measurements expressed in mm. All P-values after ANOVA. P-values set in italic type were obtained by post-hoc correction with Finner's adjustment for multiple testing.

## DISCUSSION

The association between high medial joint pressure and development of gonarthrosis is well known.<sup>17</sup> Furthermore, ACL rupture has been implicated in gonarthrosis.<sup>18,19</sup> Several theories have been advanced in attempts to explain why this process occurs, including chondral lesions, meniscus rupture, varus malalignment, bone bruises, instability, and loss of motion.<sup>20</sup>

LaPrade et al.<sup>21</sup> described the increasing amount of medial joint opening related to sequential sectioning of static stabilizers. Added to this, there is evidence that division of the medial collateral ligament and ACL transfers the medial-sided femoral condyle peak pressure to the lateral compartment.<sup>22</sup> Our results suggest that lateral tibial tunnel placement during ACL reconstruction leads to greater medial joint opening compared to the traditional tunnel technique. Due to these findings and on the basis of previous biomechanical studies, it seems logical that this alternative tunnel positioning could reduce medial-sided contact pressures.

The literature is lacking in descriptions of alternative tibial tunnel placement methods for ACL reconstruction. Most papers evaluating this issue suggest sagittal positioning, in which excessively posterior tunnel placement would produce PCL impingement,<sup>23</sup> whereas excessively anterior placement would cause intercondylar roof impingement.<sup>24</sup>

Sauter et al.<sup>25</sup> reviewed 50 ACL reconstructions in which the tibial tunnel ran from the center of the anatomical tibial attachment of the ACL to the point where the bone block of the patellar graft was removed from the tibial tubercle. After a 26-month follow-up period, 45 patients exhibited good manually tested knee stability. The average Lysholm and Tegner scores were  $85 \pm 14.5$  and  $6.5 \pm 1.9$  respectively.<sup>25</sup>

In 2012, Van der Bracht et al.<sup>26</sup> published a biomechanical study comparing the lateral tibial tunnel (LTT) and classic anteromedial tibial tunnel (MMT) techniques for revision ACL reconstruction. They found that the LTT is significantly longer than the MTT. In terms of stability, revision ACL surgery with the LTT technique was almost equal to primary ACL repair with a standard MTT.<sup>26</sup>

Another biomechanical evaluation of the lateral tibial tunnel has been published. Ten pairs of fresh frozen human proximal tibias were used to compare ACL reconstruction with the LTT and MTT techniques in terms of fixation strength and mode of failure. Autologous doubled semitendinosus and gracilis tendons were affixed in the tunnels. There was no difference in graft fixation strength, regardless of whether a lateral or an anteromedial tibial tunnel technique was used.<sup>27</sup>

Arthritic and ACL-deficient knees in young patients still pose a problem with no definitive solution in sight. In addition to carrying a significant risk of complications, high tibial osteotomies have failed to show clear ability to halt the progression of gonarthrosis. Moreover, patients treated with combined osteotomy and ACL reconstruction rarely, if ever, return to their pre-injury level of activity.<sup>28-30</sup>

Our hypothesis could be further reinforced by using the results of extra-articular ACL reconstruction as an analogy. There is evidence that this procedure could cause increased degenerative changes in the lateral compartment due to overtightening.<sup>31-33</sup> The same mechanism could produce medial knee arthrosis after a classic intra-articular ACL reconstruction.

## **CONCLUSION AND CLINICAL RELEVANCE**

A lateral tibial tunnel placement for ACL reconstruction imposes less constraint on the medial knee compartment than a classic medial tunnel. Further studies should be conducted to assess the clinical outcomes of this alternative.

Patients with an ACL-deficient knee and one or more of the following conditions – varus deformity, medial compartment chondrosis, previous medial meniscectomy, or

unsuturable meniscal tear – could benefit from this alternative approach. Furthermore, its use would avoid a more complex and challenging surgical procedure, such as osteotomy.

## REFERÊNCIAS/REFERENCES

1. GRIFFIN, L. Y.; AGEL J.; ALBOHM M. J. et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, v. 8, n. 3, p. 141-150, may./jun. 2000.
2. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 458, p. 180-187, may 2007.
3. COSTA-PAZ, M.; MUSCOLO D. L.; AYERZA M. et al. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*, Philadelphia, v. 17, n. 5, p. 445-449, may 2001.
4. MEYER, E. G.; BAUMER T. G.; SLADE J. M. et al. Tibiofemoral contact pressures and osteochondral microtrauma during anterior cruciate ligament rupture due to excessive compressive loading and internal torque of the human knee. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 10, p. 1966-1977, oct. 2008.
5. SANDERS, T. G.; MEDYNSKI, M. A.; FELLER, J. F. et al. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics*, Oak Brook, v. 20, Suppl. 1, p. S135-151, oct. 2000.
6. FABER, K. J.; DILL J. R.; AMENDOLA A. et al. Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 27, n. 4, p. 489-494, jul./aug. 1999.
7. NAKAMAE, A.; ENGBRETSSEN L.; BAHR R. et al. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 14, n. 12, p. 1252-1258, dec. 2006.
8. PERNIN, J.; VERDONK P.; SI SELMI T. A. et al. Long-term follow-up of 24.5 years after intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with lateral extra-articular augmentation. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 6, p. 1094-1102, jun. 2010.
9. LEBEL, B.; HULET C.; GALAUD B. et al. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone autograft: a minimum 10-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 36, n. 7, p. 1275-1282, jul. 2008.
10. ZAFFAGNINI, S.; BONANZINGA, T.; GRASSI, A. et al. Combined ACL reconstruction and closing-wedge HTO for varus angulated ACL-deficient knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 21, n. 4, p. 934-941, apr. 2013.
11. AIT SI SELMI, T.; FITHIAN, D.; NEYRET, P. The evolution of osteoarthritis in 103 patients with ACL reconstruction at 17 years follow-up. *Knee*, Oxford, v. 13, n. 5, p. 353-358, oct. 2006.



12. WONG, J. M.; KHAN, T.; JAYADEV, C. S. et al., Anterior cruciate ligament rupture and osteoarthritis progression. *The Open Orthopaedics Journal*, Hilversum, v. 6, p. 295-300, 2012.
13. HEFTI, F.; MÜLLER, W.; JAKOB, R. P. et al. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 1, n. 3-4, p. 226-234, 1993.
14. ANDERSON, A. F.; SNYDER, R. B.; FEDERSPIEL, C. F. et al. Instrumented evaluation of knee laxity: a comparison of five arthrometers. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 20, n. 2, p. 135-140, mar./apr. 1992.
15. HIGHGENBOTEN, C. L.; JACKSON, A.; MESKE, N. B. Genucom, KT-1000, and Stryker knee laxity measuring device comparisons. Device reproducibility and interdevice comparison in asymptomatic subjects. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 17, n. 6, p. 743-746, nov./dec. 1989.
16. STEINER, M. E.; BROWN, C.; ZARINS, B. et al. Measurement of anterior-posterior displacement of the knee. A comparison of the results with instrumented devices and with clinical examination. *The Journal of bone and joint surgery*, Boston, v. 72, n. 9, p. 1307-1315, oct. 1990.
17. ROSSI, R.; BONASIA, D. E.; AMENDOLA, A. The role of high tibial osteotomy in the varus knee. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, v. 19, n. 10, p. 590-599, oct. 2011.
18. ROUT, R.; MCDONNELL, S.; HULLEY, P. et al. The pattern of cartilage damage in antero-medial osteoarthritis of the knee and its relationship to the anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Research*, New York, v. 31, n. 6, p. 908-913, jun. 2013.
19. ØIESTAD, B. E.; ENGBRETSSEN, L.; STORHEIM, K. et al. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 37, n. 7, p. 1434-1443, jul. 2009.
20. SHELBOURNE, K. D.; GRAY, T. Minimum 10-year results after anterior cruciate ligament reconstruction: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 37, n. 3, p. 471-480, mar. 2009.
21. LAPRADE, R. F.; BERNHARDSON, A. S.; GRIFFITH, C. J. et al. Correlation of valgus stress radiographs with medial knee ligament injuries: an in vitro biomechanical study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 2, p. 330-338, feb. 2010.
22. BRUNS, J.; VOLKMER, M.; LUESSENHOP, S. Pressure distribution in the knee joint. Influence of flexion with and without ligament dissection. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Berlin, v. 113, n. 4, p. 204-209, 1994.

23. IRIUCHISHIMA, T.; SHIRAKURA, K.; FU, F. H. Graft impingement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 21, n. 3, p. 664-670, mar. 2013.
24. ASTUR, D. C.; SANTOS, C. V.; ALELUIA, V. et al. Characterization of cruciate ligament impingement: the influence of femoral or tibial tunnel positioning at different degrees of knee flexion. *Arthroscopy*, Heidelberg, v. 29, n. 5, p. 913-919, may. 2013.
25. SAUTER, A. J.; VAN HAEFF, M. J.; VAN DER LUBBE, N. et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with alternative tibial tunnel: early results after accelerated weight-bearing. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 6, n. 4, p. 220-223, 1998.
26. VAN DER BRACHT, H.; VERHELST, L.; GOUBAU, Y. et al. The lateral tibial tunnel in revision anterior cruciate ligament surgery: a biomechanical study of a new technique. *Arthroscopy*, Heidelberg, v. 28, n. 6, p. 818-826, jun. 2012.
27. VAN DER BRACHT, H.; CLOETE, G.; PAGE, B. et al. The lateral tibial tunnel: does it allow for adequate fixation in ACL surgery? *Acta Orthopaedica Belgica*, Bruxelles, v. 78, n. 5, p. 637-642, oct. 2012.
28. NEUSCHWANDER, D. C.; DREZ JR., D.; PAINE, R. M. Simultaneous high tibial osteotomy and ACL reconstruction for combined genu varum and symptomatic ACL tear. *Orthopedics*, Thorofare, v. 16, n. 6, p. 679-684, jun. 1993.
29. DEJOUR, H.; NEYRET, P.; BOILEAU, P. et al. Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 299, p. 220-228, feb. 1994.
30. WILLIAMS 3RD, R. J.; KELLY, B. T.; WICKIEWICZ, T. L. et al. The short-term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic ACL deficiency. *The Journal of Knee Surgery*, Stuttgart, v. 16, n. 1, p. 9-16, jan. 2003.
31. O'BRIEN, S. J.; WARREN, R. F.; PAVLOV, H. et al. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Boston, v. 73, n. 2, p. 278-286, feb. 1991.
32. ROTH, J. H.; KENNEDY, J. C.; LOCKSTADT, H. et al. Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament with and without extra-articular supplementation by transfer of the biceps femoris tendon. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Boston, v. 69, n. 2, p. 275-278, feb. 1987.
33. STRUM, G. M.; FOX, J. M.; FERKEL, R. D. et al. Intraarticular versus intraarticular and extraarticular reconstruction for chronic anterior cruciate ligament instability. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 245, p. 188-198, aug. 1989.

## 6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O lesão do LCA apresenta uma relevância epidemiológica considerável, seja pela sua incidência, seja pelo fato de acometer indivíduos jovens e produtivos e especialmente por ser causa de uma alta demanda de procedimentos cirúrgicos anualmente.<sup>1,2</sup>

O diagnóstico e o tratamento da sua ruptura estão bem estabelecidos e, apesar de inúmeras técnicas descritas, as reconstruções artroscópicas utilizando enxerto do tendão patelar ou flexores são largamente utilizadas com bons-excelentes resultados.<sup>3,4</sup>

Embora a reconstrução do LCA seja um procedimento cirúrgico de resultados previsíveis quanto à melhora do quadro funcional dos pacientes, tanto por melhora de escores subjetivos como por análise objetiva de controle da estabilidade do joelho operado, a evolução para gonartrose, experimentada por até 86% dos casos,<sup>5</sup> ainda carece de adequados entendimento, prevenção e tratamento. Muitos fatores de risco para gonartrose associados à lesão do LCA já foram descritos, tais como lesões meniscais e condrais,<sup>6</sup> contusão do osso subcondral<sup>7</sup> e biomecânica articular alterada.<sup>8</sup> Além disso, embora defendida por alguns autores,<sup>9</sup> tal procedimento cirúrgico não previne a ocorrência de artrose do joelho.<sup>10-12</sup>

O tratamento da artrose do joelho associada à lesão do LCA permanece um dilema de difícil solução por vários motivos. Os pacientes acometidos são geralmente jovens, a sua demanda por atividade física é alta e a alternativa mais utilizada – reconstrução ligamentar combinada à osteotomia tibial alta – frustra a expectativa de retorno às atividades pré-lesão da grande maioria dos indivíduos,<sup>13</sup> além de adicionar risco considerável de complicações.<sup>14</sup>

Os resultados deste estudo demonstram claramente que houve uma menor abertura medial naqueles indivíduos submetidos à reconstrução pela técnica clássica quando comparada à alternativa tanto a 0° (3,22 x 5,27 mm;  $p < 0,01$ ) quanto a 20° de flexão (3,27 x 5,28;  $p < 0,01$ ). Embora o método de mensuração mais fidedigno para o grau de sobrecarga do compartimento medial pudesse ser algum dispositivo com sensor de pressão de contato, por motivos de limitação de recurso e estrutura, o grau de abertura medial mediante estresse em valgo foi eleito para substituí-lo. Burns, Volkmer e Luessnhop<sup>15</sup> seccionaram de forma seqüencial o LCM e o LCA e demonstram que, à medida que tal intervenção era realizada, havia uma transferência do pico de pressão de contato nos joelhos de medial para lateral. Embora o presente estudo não tenha usado tal instrumento para fazer essa aferição, o artigo de Burns et al. ratifica a impressão de que o grau de abertura da interlinha medial altera o gradiente medial-lateral de pressão de contato no joelho.

A maior motivação do presente estudo foi a percepção clínica de que o tensionamento

do enxerto para reconstrução do LCA, sempre feito no momento da fixação tibial, causa um vetor de força dirigido sobre o compartimento medial do joelho. A realização de um túnel tibial com ponto de entrada a partir da metáfise tibial lateral poderia redirecionar esse vetor, impedindo que essa sobrecarga fosse transmitida para o compartimento medial.

Longe da pretensão de revolucionar um procedimento cirúrgico já consagrado na literatura, essa nova técnica seria reservada para pacientes com diversos fatores de risco para artrose medial (tais como lesão meniscal e/ou condrais mediais e desvio de eixo em varo) ou para aqueles com artrose medial já estabelecida.

Finalmente, essa nova técnica poderia substituir a realização do procedimento combinado, osteotomia tibial alta e reconstrução ligamentar, para pacientes com ruptura do LCA e artrose medial unicompartimental, gerando diversos benefícios aos pacientes: menor tempo cirúrgico, menor taxa de complicações, menor custo, reabilitação mais precoce e retorno mais ágil às atividades laborativas.

## REFERÊNCIAS

1. GIANOTTI, S. M.; MARSHALL S. W.; HUME P. A. et al. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, Victoria, v. 12, n. 6, p. 622-627, nov. 2009.
2. GRIFFIN, L. Y.; AGEL J.; ALBOHM M. J. et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Rosemont, v. 8, n. 3, p. 141-150, may./jun. 2000.
3. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 458, p. 180-187, may 2007.
4. BIAU, D. J.; TOURNOUX, C.; KATSAHIAN, S. et al. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *British Medical Journal*, v. 332, n. 7548, p. 995-1001, apr. 2006.
5. NEYRET, P.; DONELL, S. T.; DEJOUR, H. Results of partial meniscectomy related to the state of the anterior cruciate ligament. Review at 20 to 35 years. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, London, v. 75, n. 1, p. 36-40, jan. 1993.
6. ØIESTAD, B. E.; HOLM, I. AUNE, A. K. et al. Knee function and prevalence of knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study with 10 to 15 years of follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 38, n. 11, p. 2201-2210, nov. 2010.
7. NAKAMAE, A.; ENGBRETSEN L.; BAHR R. et al. Natural history of bone bruises after acute knee injury: clinical outcome and histopathological findings. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 14, n. 12, p. 1252-1258, dec. 2006.
8. ANDRIACCHI, T. P.; MÜNDERMANN A.; SMITH R. L. et al. A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee. *Annals of biomedical engineering*, New York, v. 32, n. 3, p. 447-457, mar. 2004.
9. LI, R. T.; LORENZ, S.; XU, Y. et al. Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 39, n. 12, p. 2595-2603, dec. 2011.
10. LOHMANDER, L. S.; OSTENBERG, A.; ENGLUND, M. et al. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis and Rheumatism*, Atlanta, v. 50, n. 10, p. 3145-3152, oct. 2004.
11. MYKLEBUST, G.; HOLM, I.; MAEHLUM, S. et al. Clinical, functional, and radiologic outcome in team handball players 6 to 11 years after anterior cruciate ligament injury: a follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, Thousand Oaks, v. 31, n. 6, p. 981-989, nov./dec. 2003.

12. FINK, C.; HOSER, C.; HACKL, W. et al. Long-term outcome of operative or nonoperative treatment of anterior cruciate ligament rupture--is sports activity a determining variable? *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 22, n. 4, p. 304-309, may. 2001.
13. DEJOUR, H.; NEYRET, P.; BOILEAU, P. et al. Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Philadelphia, n. 299, p. 220-228, feb. 1994.
14. LATTERMANN, C.; JAKOB, R. P. High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, Heidelberg, v. 4, n. 1, p. 32-38, 1996.
15. BRUNS, J.; VOLKMER, M.; LUESSENHOP, S. Pressure distribution in the knee joint. Influence of flexion with and without ligament dissection. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Berlin, v. 113, n. 4, p. 204-209, 1994.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Estamos realizando um estudo para comparar o efeito de dois tipos de cirurgia que melhoram a estabilidade do joelho. Entendemos o momento delicado pelo qual você está passando, mas gostaríamos de sua colaboração pois este é um estudo impossível de ser realizado em pacientes, portanto, está sendo realizado no DML. Se você autorizar a participação do seu familiar neste estudo, serão realizados os seguintes procedimentos:

Primeiro será realizada uma avaliação do joelho do seu familiar para ver se ele pode participar do estudo. Caso possa participar, será feito um corte de aproximadamente 15 centímetros nos joelhos para imitar um joelho com problema de estabilidade. A seguir, será medido o grau de abertura da linha articular (junta do joelho) antes e após a secção de um dos ligamentos do joelho (ligamento cruzado anterior). Depois, em cada um dos joelhos, será feita uma cirurgia para reconstruir o ligamento cruzado anterior e será novamente testado o grau de abertura articular.

O principal dano que estes procedimentos podem causar é estético, resultando em uma pequena marca de cerca de 15 centímetros no joelho. Além disso, estimamos que o tempo de liberação do corpo de seu familiar aumente em apenas 90 minutos.

O estudo está sendo realizado com o intuito de se pesquisar uma nova técnica para reconstrução ligamentar do joelho. Caso a hipótese do estudo seja confirmada, essa nova técnica poderá prevenir que pacientes desenvolvam artrose (desgaste) do joelho após esse novo tipo de reconstrução ligamentar.

Os dados obtidos pelos testes que seu familiar estará participando nesta pesquisa serão publicados em revistas científicas independentemente dos resultados alcançados. Os resultados serão divulgados sem que o nome dos participantes apareça.

A qualquer momento você poderá desistir da participação do seu familiar nesta pesquisa sem que isto modifique os procedimentos do DML.

Declaro que entendi todas as explicações, podendo requisitar outras informações a qualquer momento desta pesquisa e aceito que meu familiar seja submetido a avaliação da estabilidade patelar conforme descrito. Desta forma, autorizo os Drs. Eduardo Migon, José Mauro Zimmermann Júnior e Geraldo Luiz Schuck de Freitas, Prof. Dr. João Luiz Ellera Gomes (21018525), e colaboradores, indicados por eles, a realizar os procedimentos descritos

acima, em meu familiar como parte de um estudo científico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre -HCPA realizado no Departamento Médico-Legal.

Este termo de consentimento será assinado em duas vias, permanecendo uma com os familiares e outra, com o pesquisador.

Nome do familiar: \_\_\_\_\_

Assinatura do familiar: \_\_\_\_\_

Nome do pesquisador: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_

Data:



## APÊNDICE B – MODELO DE FORMULÁRIO DE COLETA DE DADOS

## Formulário de coleta de dados

Identificação: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

## Joelho D

## Abertura Medial

Pré-liberação LCA \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-liberação LCA \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-reconstrução LCA clássica \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-reconstrução LCA alternativa \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

## Joelho E

## Abertura Medial

Pré-liberação LCA \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-liberação LCA \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-reconstrução LCA clássica \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)

Pós-reconstrução LCA alternativa \_\_\_\_ mm (0) \_\_\_\_ mm (20°)