

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA**

Trabalho final do Mestrado em Medicina do Desporto com vista à atribuição do Grau de Mestre

“Avaliação clínica e funcional da reconstrução cirúrgica do LCA – técnica “all-inside” vs. “outside-in”: uma revisão bibliográfica”

Artigo Científico  
Área Científica de Ortopedia

**Alexandre Rebelo-Marques**

alexRmarques@gmail.com

3030-502 Coimbra, Portugal

**Coorientador:** Dr. Manuel Vieira da Silva

**Orientador:** Professor Doutor Fernando Fonseca

Junho / 2016

## ÍNDICE

Índice de Tabelas.....	1
Índice de Figuras .....	1
Abreviaturas.....	2
Resumo .....	3
Palavras-Chave .....	3
Abstract.....	4
Key-Words .....	4
Preâmbulo.....	5
Agradecimentos .....	5
Introdução.....	6
Enquadramento histórico.....	6
Ligamento Cruzado Anterior .....	6
<i>Embriologia</i> .....	6
<i>Anatomia</i> .....	7
<i>Histologia</i> .....	10
<i>Vascularização</i> .....	10
<i>Inervação</i> .....	11
Biomecânica do LCA .....	11
<i>Mecanismo de lesão</i> .....	13
Semiologia .....	14
Tratamento.....	22
Tempo até à cirurgia.....	23
Enxerto .....	25
<i>Enxerto Osso-Tendão Rotuliano-Osso (BPTB)</i> .....	26
<i>Enxerto dos isquiotibiais (HS)</i> .....	26
<i>Enxerto do tendão quadricípite (QT)</i> .....	27
Cirurgia: posicionamento .....	27
<i>O doente na mesa de cirurgia</i> .....	28
<i>Posicionamento dos túneis</i> .....	28
Cirurgia: técnicas .....	29
<i>All-inside</i> .....	29
<i>Inside-out</i> .....	31
<i>Outside-in</i> .....	36
Discussão .....	37
Conclusão.....	38
Bibliografia .....	39

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Perguntas chave, a serem utilizadas durante a realização da história clínica (Adaptado de Goldstein, 2001) (72);.....	15
Tabela 2 – Complicações relacionadas com o tempo ou momento de cirurgia;.....	24
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens dos vários tipos de enxerto utilizados para reconstrução do LCA;.....	26
Tabela 4 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica all-inside;.....	31
Tabela 5 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica all-inside;....	31
Tabela 6 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica transtibial; AMP – portal anteromedial acessório;.....	32
Tabela 7 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica transtibial; AMP – portal anteromedial acessório; .....	33
Tabela 8 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica com AMP( portal anteromedial acessório);.....	35
Tabela 9 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica com AMP (portal anteromedial acessório); .....	36
Tabela 10 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica outside-in;.....	36
Tabela 11 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica outside-in;.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Inserção tibial dos ligamentos cruzados (Adaptado de Noronha, 1999) (16);.....	7
Figura 2 – Vista anterior da articulação do joelho (Adaptado de Google imagens);.....	8
Figura 3 – Tamanho e variação da área de secção do LCA (Adaptado de: Fernandes, 2013) (33);	9
Figura 4 – Orientação dos feixes do LCA (AI e PE) no plano sagital, na extensão (A) e na flexão (B) (Adaptado de Noronha 1999) (16); .....	10
Figura 5 – Alteração dos pontos de contacto fémuro-tibial na extensão (A) e na flexão (B) devido à conjugação do rolamento com o deslizamento (Adaptado de Noronha, 1999) (16).....	12
Figura 6 – Biomecânica do LCA (Adaptado de Fernandes, 2013) (33);.....	13
Figura 7 – Teste de Lachman (Adaptado de Google imagens); .....	17
Figura 8 – Teste da gaveta anterior (Adaptado de Google imagens); .....	18
Figura 9 – Teste de Pivot Shift (Adaptado de Google imagens);.....	19
Figura 10 – A: O ligamento popliteoperonial (*); B: Dissecção do complexo póstero-lateral (CPL); C: Dissecção do complexo póstero-lateral; Legenda: PF – ligamento popliteoperonial, P – músculo poplíteo, fF – ligamento fabeloperonial, FC – ligamento colateral peronial ou lateral, spm – fascículo superior do popliteomeniscal; (Adaptado de Hunter, 2012)(88).....	21
Figura 11 – Dispositivo ou estação de preparação do enxerto ajustável (Adaptado de Blackman, 2014) (167);.....	30

Figura 12 – Autoenxerto quádruplo do semitendinoso preparado através do GraftLink (Adaptado de Blackman, 2014) (167);..... 30

## ABREVIATURAS

AI – técnica *all-inside* (retrógrada)  
AM – Anteromedial (feixe do LCA)  
AMP – técnica *inside-out* com portal anteromedial acessório  
AP – ântero-posterior  
BPTB – Osso-Tendão Rotuliano-Osso  
HS – Isquiotibiais  
IKDC – International Knee Documentation Committee  
LCA – Ligamento Cruzado Anterior  
LCP – Ligamento Cruzado Posterior  
PAPE – Ponto de Ângulo Pósterio-Externo  
OI – técnica *outside-in*  
PL – Pósterio-lateral (feixe do LCA)  
QT – tendão do quadricípite  
RMN – Ressonância Magnética Nuclear  
ROM – Amplitude de Movimento  
Rx – Radiografia Simples  
TC – Tomografia Computadorizada  
TT – Técnica *inside-out* transtibial

## RESUMO

A importância do LCA é cada vez mais reconhecida para o funcionamento normal do joelho, principalmente nos desportos que requerem movimentos de rotação. Ele é o principal estabilizador da translação anterior da tíbia e participa secundariamente na restrição da rotação interna do joelho.

Os episódios de instabilidade e a progressão frequente para artrose como resultado da sua lesão, justificam a necessidade de reconstrução desse ligamento num grande número de casos.

O espectro de morbidade da lesão é amplo, podendo causar o final precoce de carreiras desportivas. Contudo, a reconstrução cirúrgica e reabilitação podem ser tão eficazes que permitem ao atleta o regresso ao nível de competição pré-lesão. O sucesso a longo prazo da cirurgia de reconstrução do LCA é confirmado através de taxas com bons e excelentes resultados, que variam de 75% a 95%, considerando a estabilidade, o alívio de sintomas e o retorno à atividade física/desportiva.

No entanto, existe ainda muita controvérsia relativamente à técnica e ao enxerto a ser utilizado. Apesar de o enxerto autógeno ser considerado o gold-standard para a reconstrução do LCA pela sua disponibilidade, segurança, baixo custo, além das suas características biológicas, ainda continuamos à procura do enxerto ideal, capaz de ser biologicamente integrado e reproduzir a inserção anatómica, biomecânica e o controlo neuromuscular do ligamento nativo. Assim, a escolha é multifatorial.

Do mesmo modo, e apesar de a última década estar rica de avanços técnicos na reconstrução cirúrgica do LCA, o sucesso do procedimento tem-se mantido estável ao longo do último quarto de século e não há nenhuma evidência de superioridade de uma técnica sobre a outra.

Para a elaboração deste trabalho, foi então realizada uma pesquisa computadorizada nas bases de dados PubMed, Medline EBSCO e B-On para identificar todos os estudos clínicos que realizaram a comparação e descrição, da cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), com as diferentes técnicas. Os artigos foram selecionados com base no título e no conteúdo do resumo, independentemente do desenho do estudo.

Para uma melhor fundamentação teórica, foram também consultados alguns livros de texto, nomeadamente da área da Ortopedia; tendo sido então elaborada a exposição e discussão dos resultados. Após escolha da bibliografia e identificados os passos anteriores, foi elaborada uma detalhada descrição de alguns pontos-chave de cada uma das técnicas comparadas.

### Palavras-Chave

Ligamento cruzado anterior; Reconstrução cirúrgica; Artroscopia; Ligamentoplastia; Artroscopia; Técnica *all-inside*; Técnica *outside-in*; Técnica *inside-out*;

## ABSTRACT

The importance of the anterior cruciate ligament (ACL) has been increasingly recognized for the normal function of the knee, especially in sports that require rotational movements. It is the primary stabilizer of anterior tibial translation and also has a role in the restriction of internal rotation of the knee.

The episodes of instability and frequent progression to osteoarthritis as a result of its injury, require the ligament reconstruction in many cases.

There is a broad spectrum of injuries which may include the premature end of sports careers. Surgical reconstruction and rehabilitation can be effective, allowing the athlete to return to pre-injury levels of competition. The long-term success rates of ACL reconstruction surgery are confirmed with good/excellent results, ranging from 75% to 95%, considering the stability, relief of symptoms and return to physical / sporting activity.

Nevertheless, there is still controversy regarding the technique and graft choice. Although autogenous graft is considered the gold standard due to ACL reconstruction for its availability, safety, low cost and their biological characteristics, we are still searching for the ideal graft, capable of being biologically integrated and reproduce the anatomic insertion, biomechanics and neuromuscular control of the native ligament. Therefore, the choice is still multifactorial.

Similarly, and despite the major technical advances in surgical reconstruction of the ACL in the last decade, the success rates of the procedure remain stable over the last quarter century and there is no evidence of superiority of any technique over the others.

Preparation for this work, a computerized search was performed in PubMed, Medline, EBSCO and B-On to identify all clinical studies which describe and compare, the ACL reconstruction surgery different techniques. Articles were selected based on the title and content of the summary, regardless of the study design. In doubt, the article was downloaded and fully read.

For a better theoretical basis, some textbooks were also consulted, particularly of Orthopaedics area; it was then prepared the presentation and discussion of results. After choosing the literature and identifying the above steps, it was drawn a detailed description of the key points of each technique compared.

### Key-Words

Anterior cruciate ligament; surgical reconstruction; ligamentoplasty; arthroscopy; *all-inside* technique; *outside-in* technique; *inside-out* technique;

## PREÂMBULO

A crescente tendência para a prática desportiva aliada à complexidade dos diversos desportos tem provocando um aumento no número de lesões articulares do joelho. O ligamento cruzado anterior figura entre os mais afetados e é uma das estruturas que, quando lesionada, mais difícil torna o retorno à prática desportiva. Sem dúvida que estes ligamentos são uns dos mais estudados e sobre os quais há um grande número de trabalhos crescentes.

A função dos ligamentos cruzados é assegurar um movimento normal entre as superfícies articulares do fémur e da tíbia. A sua importância para a estabilização da articulação do joelho é mais do que conhecida, e por tudo isso os mecanismos de lesão envolvidos assim como a sua reparação são de extrema importância para o desfecho e retorno à prática desportiva.

Este trabalho, sob a forma de artigo científico, surge no âmbito de um estudo randomizado que está a ser realizado no Hospital de Braga onde se tenta comparar as duas técnicas cirúrgicas: “*outside-in*” e “*all-inside*”, através da avaliação clínica e objetiva dos doentes em diferentes estádios entre a cirurgia e a sua recuperação total. Contudo, e por razões alheias ao investigador, a mesma investigação tem sofrido atrasos repetidos pelo que até à data apresenta apenas um (muito) pequeno volume de dados, não sendo possível escrevê-lo. Deste modo, e uma vez que há prazos a cumprir, o investigador optou por fazer uma revisão bibliográfica sistematizada sobre o tema abordando não só as principais discórdias da literatura mais atual, mas também salientando as principais vantagens e desvantagens descritas até então.

Longe dos artigos de opinião, a informação contida neste trabalho é realçada e reforçada através de estudos já publicados e com forte fator de impacto, o que faz desta revisão um trabalho com um nível de qualidade aceitável.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Fernando Fonseca, ao Dr. Manuel Vieira da Silva e ao Dr. Bruno Direito dos Santos, pela inextinguível disponibilidade, interesse e dedicação com que se debateram na orientação desta tese de Mestrado.

Ao Professor Doutor Carlos Fontes Ribeiro e ao Professor Doutor João Páscoa Pinheiro, pela seriedade e nível académico com que coordenaram o Curso de Mestrado em Medicina do Desporto 2014-2016.

## INTRODUÇÃO

### Enquadramento histórico

No seu conceito mais amplo, a Anatomia é a ciência que estuda, macro e microscopicamente, a constituição e o desenvolvimento do corpo humano. Assim, podemos afirmar que a anatomia estuda a forma e relacionamento dos diversos componentes do corpo humano.

Tradicionalmente, a anatomia, sempre foi fundamentada pela experimentação em animais e seres humanos com o objetivo de melhorar a compreensão sobre as estruturas biológicas e o seu funcionamento. O domínio desta ciência permite aumentar não só a eficácia de procedimentos cirúrgicos e o desenvolvimento de novos métodos de tratamento, mas também a compreensão do funcionamento e das patologias do sistema músculo-esquelético.

O joelho é uma das articulações mais complexas do corpo humano e de incontornável importância na locomoção. Por estar sujeito a cargas muito elevadas, o risco de rutura dos ligamentos é muito elevado, especialmente do ligamento cruzado anterior. A primeira descrição conhecida dos ligamentos cruzados foi feita há aproximadamente 5000 anos, no Papiro “*Edwin Smith*” que data de 3000 a.C. (1,2). Mais tarde, Hipócrates (470-360 a.C.) conseguiu reconhecer os sinais de instabilidade do joelho após determinados traumas, desconhecendo, no entanto, a razão de tal acontecer (3,4). O nome dos ligamentos cruzados foi introduzido por Galeno (131-201 d.C.) que criou o termo “*ligamenta genu cruciata*”, definindo-os como parte integrante da articulação do joelho com a função de estabilização da mesma (2,5,6). A posição anatómica do ligamento cruzado anterior (LCA), a presença de dois feixes distintos com tensões variáveis conforme o movimento da articulação e a percepção do movimento anormal após a sua rutura apenas por percebido por Wilhelm e Eduard Weber, em 1836 (7,8). Contudo, apenas em 1847, Robert Adams, publicou um na literatura inglesa a descrição de um caso clínico de lesão ligamentar (3,9). Em 1845, Amédée Bonnet descreveu três sinais de rutura do LCA: um “pop”, a presença da hemartrose e a perda da função. Bonnet foi também o primeiro a descrever o fenómeno de subluxação do joelho (2,7,10). Apenas em 1879, Paul Segond, fez a primeira descrição detalhada de todos os sinais e sintomas que acompanhavam a rutura dos ligamentos cruzados (7,11). William Battle, em 1900, foi o primeiro a publicar um relatório de uma reparação por sutura do LCA bem-sucedida (12,13). No entanto, foi Sir Arthur Mayo-Robson a realizar a primeira intervenção cirúrgica ligamentar, em 1897, com resultados surpreendentemente positivos e que publicou em 1903 (12,13).

### Ligamento Cruzado Anterior

#### Embriologia

A articulação do joelho inicia a sua formação a partir do mesênquima vascular entre o fêmur e a tíbia na quarta semana de gestação entre o blastoma do fêmur e da tíbia (14). Uma quantidade distinta de fibras de LCA aparece aproximadamente entre a sétima e a oitava semana de gestação (15-19). Pela nona semana são já visíveis numerosos fibroblastos imaturos com núcleos fusiformes



orientados paralelamente ao maior eixo dos ligamentos (16,17). À décima semana, já se distingue facilmente a separação entre o LCA e o LCP (ligamento cruzado posterior) (16). Nas semanas seguintes, a principal mudança, para além do crescimento, é o aumento da vascularização. Os vasos sanguíneos surgem só na décima oitava semana (16). É a partir daqui que rapidamente se dá o desenvolvimento dos ligamentos cruzados, apresentando na vigésima semana o aspeto que têm no adulto, vindo depois apenas a sofrer pequenas alterações estruturais e aumento de dimensões (17,20,21).

### Anatomia

O LCA é uma banda de tecido conectivo denso que se insere no fémur e na tibia e, tal como o LCP, é envolvido pela membrana sinovial. Por isso, e por definição, apesar de intra-articular é extra-sinovial. (14,16,22)

Dentre as estruturas ligamentares, o LCA é o único sem qualquer inserção capsular. Na tibia, insere-se numa fosseta que se localiza anterior e externamente à espinha tibial anterior, atrás do corno anterior do menisco externo, ao qual adere por uma pequena expansão (Fig. 1). A área de inserção tibial é oval e com cerca de 3 cm de diâmetro ântero-posterior. (16-18)

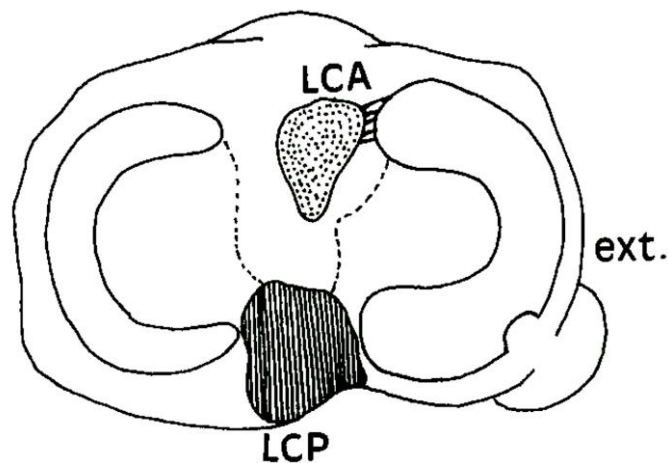


Figura 1 – Inserção tibial dos ligamentos cruzados (Adaptado de Noronha, 1999) (16);

No fémur, o LCA insere-se na face medial do côndilo femoral externo, numa localização muito posterior, com orientação quase vertical, curvilínea e convexa posteriormente, paralela ao rebordo articular posterior do côndilo femoral externo. Aqui, a área de inserção é menor que a da tibia, tendo cerca de 2 cm<sup>2</sup>. Algumas fibras inserem-se mais acima, no teto da chanfradura. Enquanto no fémur a inserção é aproximadamente sagital, na tibia é aproximadamente transversal. Esta inserção do LCA em dois planos ortogonais implica cuidados especiais na reconstrução ligamentar (16-18,23,24).

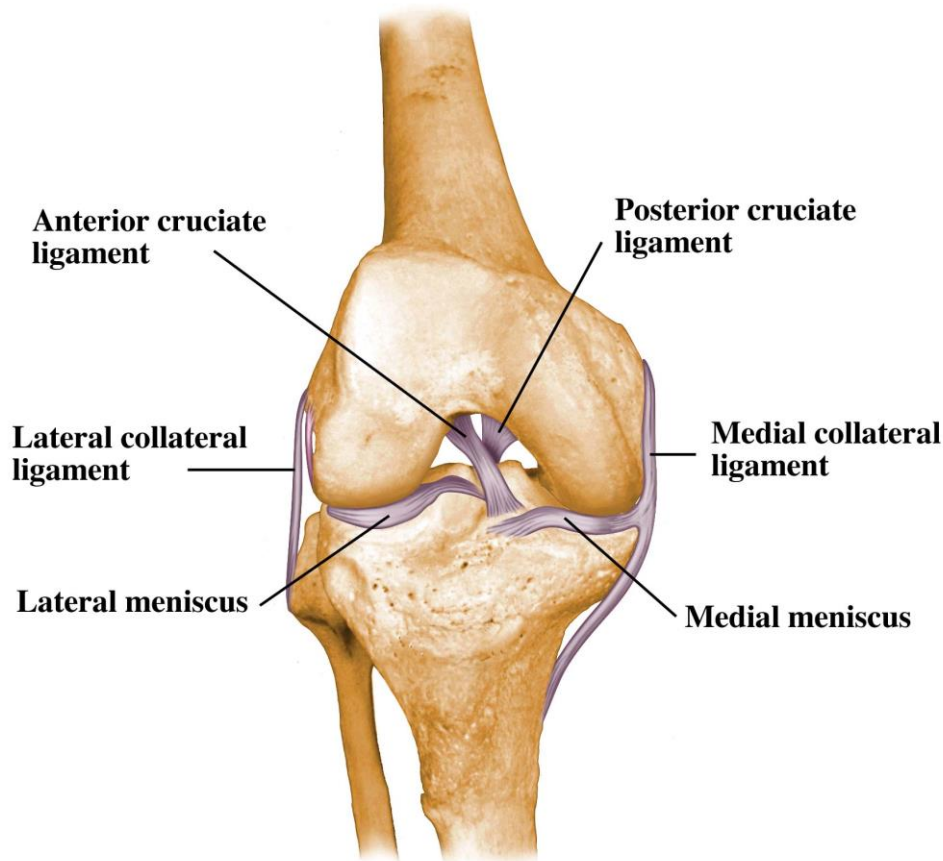


Figura 2 –Vista anterior da articulação do joelho (Adaptado de Google imagens);

Um ponto bastante controverso é o que se refere ao número de feixes que constituem o LCA. Enquanto alguns autores descrevem um só feixe (22,25,26), outros dividem o LCA em dois feixes: anteromedial (AM) e pósterolateral (PL) (14,16,27).

Norwood e Cross (28) e Chambat (29) referem a existência de três feixes no LCA, dividindo em feixe AM, PL e intermédio.

Na sua tese de doutoramento, Noronha (16), refere que a visão direta por artroscopia geralmente revela dois feixes, embora, por vezes, haja a aparência de três e até quatro feixes separados. Contudo, a disseção não confirma todos esses feixes. Um só feixe de contorno lobulado parece ser explicação desta aparente discrepância.

Apesar das divergências existentes sobre a divisão anatómica real do LCA, o consenso geral parece concordar que este ligamento tem distintas faixas funcionais, que variam a tensão entre as fibras no ligamento com diferentes intervalos de movimento (16-19,24)

O comprimento do LCA referido na literatura é variável. Kennedy (30) menciona 39 mm, Girgis (31) 38 mm e Norwood e Cross (28) 31 mm, talvez em relação à estatura do indivíduo. O comprimento médio do LCA é de 38 mm e a largura média é de 11 mm (32).

A secção transversal do LCA é irregular e não apresenta uma forma circular, elíptica ou qualquer outra forma geométrica simples. Esta forma muda ainda com o ângulo de flexão, sendo geralmente maior na direção ântero-posterior. A área de secção do LCA vai aumentando desde a inserção no fémur até à inserção da tibia (Fig. 3).

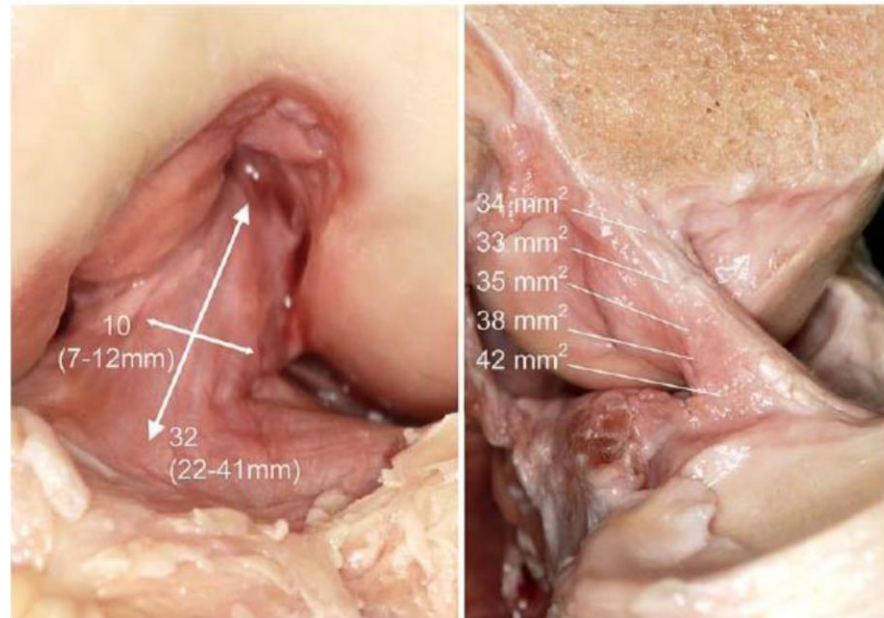


Figura 3 – Tamanho e variação da área de secção do LCA (Adaptado de: Fernandes, 2013) (33);

Relativamente à área de superfície, esta varia entre  $54 \text{ mm}^2$  e  $91,8 \text{ mm}^2$  nos homens e entre  $41,6 \text{ mm}^2$  e  $73 \text{ mm}^2$  nas mulheres (34). O seu volume também varia consoante o género, sendo que nos homens varia entre  $2016 \text{ mm}^3$  e  $3428 \text{ mm}^3$  e nas mulheres entre  $1466 \text{ mm}^3$  e  $2526 \text{ mm}^3$  (34).

O LCA tem uma orientação anterior, interna e distal desde a inserção femoral até à tibia. Devido à orientação das inserções femoral (sagital) e tibial (transversal), há uma torsão externa dos fascículos, iniciada a cerca de 5 mm da inserção femoral, segundo Schutte (35).

A comunidade científica amplamente apoia, tal como referido anteriormente, a diferenciação do LCA em dois feixes: o feixe anteromedial (AM) e pósterolateral (PL) (36). O primeiro tem origem na parte mais proximal da inserção femoral e termina na zona mais posterior e distal da inserção femoral e termina na zona pósterolateral da inserção tibial (16).

Quando o joelho está em extensão, os dois feixes estão tensos. Aquando a flexão do joelho, a inserção femoral do LCA torna-se mais horizontal, mantendo-se tenso o feixe AM e relaxando o PL (Fig. 4). A hiperextensão acentua a tensão do LCA por conflito com a chanfradura, principalmente quando esta é estenosada e, ainda mais, quando há recurvatum associado, condição que propicia a rutura silenciosa bilateral do LCA (16).

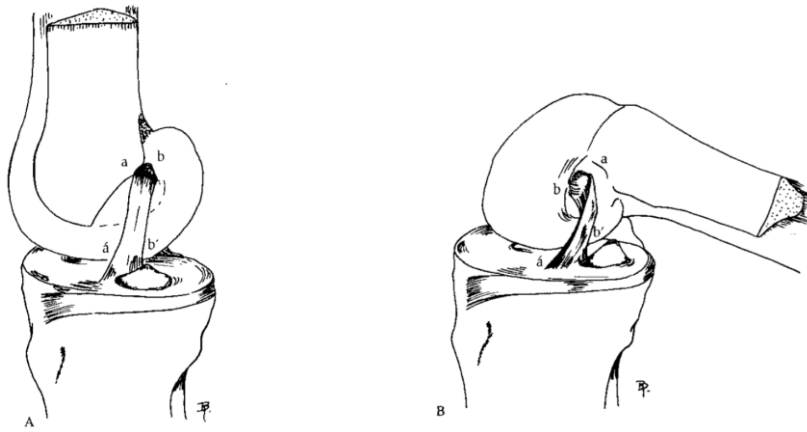


Figura 4 – Orientação dos feixes do LCA (AI e PE) no plano sagital, na extensão (A) e na flexão (B) (Adaptado de Noronha 1999) (16);

### Histologia

A nível histológico, o LCA é formado por bandas de forte tecido fibroso flexível e é constituído essencialmente por colagénio (maioritariamente tipo I – 90%), fibroblastos, substância fundamental (água, glicosaminoglicanos, glicoproteínas e proteoglicanos) e fibras elásticas (fibras oxitalânicas, fibras elaunínicas e fibras elásticas maduras) (18,37,38). A água é responsável por cerca de 60% do seu peso em condições fisiológicas (32). Em termos estruturais o ligamento cruzado anterior é semelhante aos tendões, apresentando as moléculas de colagénio organizadas em fibrilas, que por sua vez se agregam fibras de colagénio e que por último formam os feixes (2). Nas extremidades do ligamento, na zona de inserção óssea, podem ser distinguidas quatro camadas histológicas, tais como fibras ligamentares, fibrocartilagem não mineralizada, fibrocartilagem mineralizada e finalmente osso – criando uma transição histológica suave (39). Também nos casos de reconstrução em que o ligamento é passado por túneis ósseos, acaba por se formar fibrocartilagem na união osso-ligamento (40,41).

### Vascularização

A irrigação sanguínea do LCA advém maioritariamente da artéria geniculada média e, em menor grau, das artérias geniculadas inferiores (39,42-44). Ambos os ligamentos cruzados são envolvidos pela membrana sinovial ricamente vascularizada por ramos da artéria geniculada média. Alguns destes vasos penetram no ligamento de forma sinuosa, adaptável à distensão.

A bolsa de Hoffa e a sinovial contribuem de maneira significativa para a vascularização do LCA, justificando-se assim, na reconstrução do LCA, especial cuidado para não agredir estas estruturas. Contudo, a vascularização do LCA é pobre quando comparada com o LCP. Este é irrigado por um pedículo superior e outro médio, ramos da artéria geniculada média, assim como por um pedículo inferior, ramo da artéria poplítea (45).

## Inervação

Os ligamentos cruzados recebem fibras nervosas do ramo articular posterior do nervo tibial posterior (30). Penetrando pela parte posterior da cápsula, seguem ao longo da bainha sinovial do LCA, ao lado dos vasos peri-ligamentosos, até à bolsa de *Hoffa* (22).

O LCA do ser humano é extremamente inervado e, por isso, o tecido nervoso representa cerca de 1% da sua área (30,39,46).

Kennedy *et al*, identificaram fibras nervosas para-vasculares que estão diretamente ligadas à transmissão de impulsos nervosos lentos de dor no LCA (30,39,46).

Estudos histológicos demonstraram a presença de mecanorreceptores sob a membrana sinovial na superfície do ligamento (35,47). Assim, algumas fibras nervosas penetram no ligamento, dando origem a essas terminações sensitivas especiais (mecanorreceptores), que são classificados de acordo com a sua capacidade de adaptação aos estímulos excitatórios. Os recetores de adaptação lenta, os corpúsculos de Ruffini e de Golgi, exibem atividade contínua em resposta às mudanças do movimento, posição e ângulo de rotação da articulação: os corpúsculos de Ruffini são responsáveis pela adaptação do ligamento a estímulos suaves e, os corpúsculos de Golgi, responsáveis pela resposta a estímulos externos, como traumatismos intensos que põem o joelho em posição extrema de estabilidade; os mecanorreceptores que rapidamente se adaptam, corpúsculos de Pacini, são também os mais sensíveis às alterações de tensão do ligamento, garantindo assim a resposta do ligamento a estímulos bruscos. Além disso, um pequeno número de terminações livres foram também identificadas dentro do ligamento e, pensa-se que atuam como nociceptores e que podem desempenhar um papel no controlo vasomotor (16,18,42).

Com a crescente compreensão do papel dos mecanorreceptores na propriocepção do joelho, a próxima questão é se os restos do LCA lesado contém esses recetores e se a preservação dos remanescentes no procedimento cirúrgico da reconstrução do LCA desempenha algum papel na recuperação do sentido proprioceptivo. Georgoulis *et al* (48), revelaram que em pacientes onde o remanescente do LCA foi adaptado a LCP, os mecanorreceptores mantiveram-se. Em outro estudo histológico, Adachi *et al* (49), descobriram uma correlação positiva entre o número de mecanorreceptores e a acurácia da propriocepção articular. Por tudo isto, a preservação do remanescente do LCA na reconstrução cirúrgica do mesmo é recomendada, contudo, o desenvolvimento da lesão de *Cyclops* (artrofibrose anterior) é uma desvantagem e deve ser considerada (39).

## Biomecânica do LCA

O joelho, ao longo dos anos, vem sendo considerado a mais complexa articulação do corpo humano, estando nos ligamentos cruzados o fulcro da sua cinemática (16).

A articulação do joelho é responsável pelo balanço e transformação do suporte do peso do corpo na alteração do movimento, tanto na direção como na velocidade. Quanto à mobilidade, esta apresenta três translações (ântero-posterior, interna-externa e proximal-distal) e três rotações (flexão-extensão, adução-abdução e rotação axial interna-externa) (50).

Apesar de o joelho ser a maior articulação do corpo humano é também uma das mais facilmente lesadas (51). A sua integridade é necessária para realizar não só as atividades da vida diária como andar, correr, saltar, descer planos inclinados ou mudar de direção rapidamente, mas também na prática desportiva com o conjugado de todas as atividades básicas. Com um também importante papel na estabilização da base de sustentação, este é constituído essencialmente por duas articulações principais: a articulação fémuro-tibial e a articulação fémuro-patelar que articula a rótula ou patela com uma grande área da porção anterior do fémur distal (51,52).

Durante o arco de mobilidade, na flexão-extensão o joelho tem movimentos compostos de rolamento e deslizamento (Fig. 4), em que a proporção varia com o grau de flexão. Estes movimentos são controlados pela anatomia das superfícies articulares e pelos ligamentos cruzados (16).

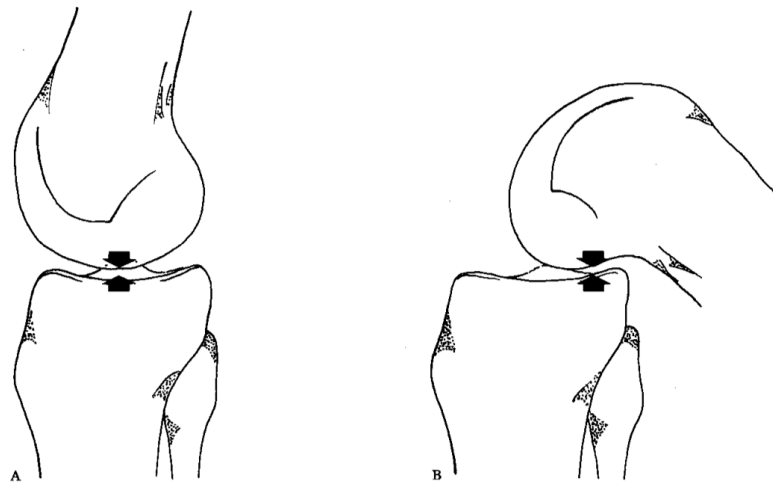


Figura 5 – Alteração dos pontos de contacto fémuro-tibial na extensão (A) e na flexão (B) devido à conjugação do rolamento com o deslizamento (Adaptado de Noronha, 1999) (16)

Assim, o ligamento cruzado anterior é o principal responsável pela resistência à translação anterior do prato tibial e ao movimento de rotação interna da tibia em relação ao fémur (36,53,54). A parte anteromedial do LCA tem maior importância no movimento de flexão, atingindo flexão máxima entre os 45° e os 60°, enquanto a parte pósterolateral contribui mais para a estabilidade em extensão (55,56). Na imagem seguinte é possível visualizar os movimentos do LCA em diferentes posições do joelho (Fig. 5).

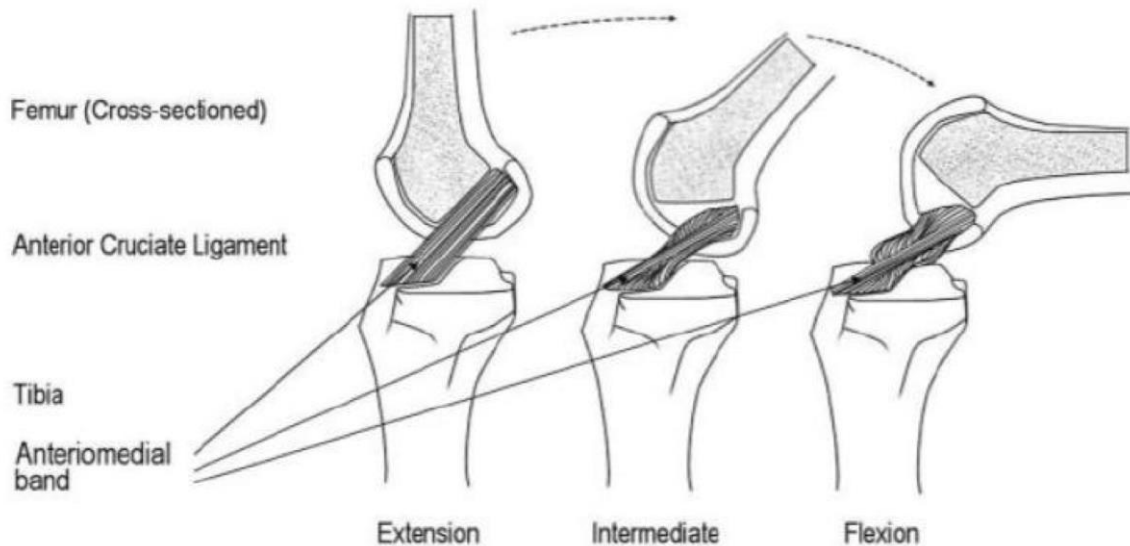


Figura 6 – Biomecânica do LCA (Adaptado de Fernandes, 2013) (33);

### Mecanismo de lesão

O LCA é realmente o ligamento mais propenso a lesões, sendo estas estimadas numa incidência que varia entre 80.000 e 250.000 novos casos, apenas nos Estados Unidos da América (57,58). Se se considerar outros países, tal como o Reino Unido, Nova Zelândia e países da Escandinávia, a incidência varia entre 30 a 38 casos por 100.000 habitantes (59,60). A sua importância no funcionamento normal do joelho é amplamente reconhecida, principalmente nos desportos que requerem movimento rápidos de rotação (50,61).

O LCA rompe ao ser forçado para além da sua capacidade elástica. O mecanismo de lesão mais frequente consiste na grande tensão do LCA gerada numa situação que combina leve flexão, varo e rotação externa do fémur, ao mesmo tempo em que ele se apoia no LCP que é mais resistente (16). Este mecanismo, frequentemente também origina lesão da parte média da cápsula externa e, por vezes, ainda o arrancamento ósseo que recebe o nome de fratura de Segond (11).

Pelo meio capsular onde se encontra, a cicatrização espontânea do LCA não é possível e o joelho perde um dos mecanismos mais importantes para a sua estabilidade (62). Assim, os mecanismos de lesão e/ou rutura do LCA podem ser divididos em mecanismos de contacto ou de não contacto, sendo bastante mais frequente os de não contacto (cerca de 70 a 75%) (63-65).

Nas lesões de contacto, as mais frequentes são aqueles traumatismos que levam o fémur posteriormente quando o joelho se encontra a 90° de flexão e a tíbia fixa; dentro das lesões de não contacto, as mais frequentes, estas geralmente ocorrem com uma flexão do joelho entre os 0-30°, em situações de corrida e/ou de salto (66). Durante a corrida, os movimentos associados à lesão do cruzado incluem as desacelerações rápidas, as mudanças de direção, as paragens abruptas e os movimentos de torção (66).

Atualmente sabe-se que a incidência desta lesão no sexo feminino é superior à apresentada pelo sexo masculino, sendo o risco de lesão 2,4 a 9,5 vezes superior (53,54). Outros fatores de predisposição para este tipo de lesão conhecidos nos dias de hoje incluem: anormalidades

neuromusculares e biomecânicas, mutações nos genes produtores de colagénio (COL5A1 e COL1A1, laxidez articular anormal (67) e alterações estruturais primárias do joelho (68,69).

## Semiologia

Uma história clínica cuidada e um exame objetivo metuculoso são geralmente suficientes para diagnosticar a rutura do LCA sem necessidade de mais avaliações. Contudo, a rutura isolada do cruzado anterior surge em menos de 10% dos casos e, por isso, é muitas vezes indispensável realizar outros testes e exames complementares para detetar possíveis lesões associadas, tais como as lesões do menisco em 60 a 75% dos casos, as da cartilagem articular em 46%, as do ligamento lateral interno em 5 a 24% e as que levam a lesão do osso subcondral, em 80% dos casos (70,71).

É importante realçar que nem todas as roturas do LCA são consideradas totais, existindo também, as roturas parciais do LCA. Assim, neste tipo de lesão, cada feixe (AM e PL) pode ser danificado isoladamente (Fig. 6). A evolução deste tipo de lesão é incerta, no entanto, a literatura mais atual refere existir uma evolução para rutura total do ligamento em cerca de 50% dos casos se metade do ligamento se encontrar intacto, e em 80% dos casos se apenas  $\frac{1}{4}$  do ligamento esteja ileso (54), sendo que a maioria se associa à rutura parcial do feixe PL (50).

Deste modo, a estabilidade do joelho deve ser examinada em três fases: a primeira, constituída pela anamnese metuculosa principalmente para entender o mecanismo de lesão, o exame objetivo com os testes de pesquisa de laxidez articular e os exames imagiológicos; a segunda, onde o diagnóstico pode ser efetuado por artroscopia, onde se avalia a integridade do LCA e de outras estruturas (meniscos, cartilagens e tendão poplíteo); e por fim, a terceira, através da avaliação funcional realizada durante ou após o programa de reabilitação que nos vai permitir avaliar os níveis de estabilidade e comparar com os valores pré-lesão (36).

Com o elevado número de lesões do LCA a ocorrerem, a realização de uma avaliação clínica minuciosa, através da história clínica ou anamnese e um exame físico detalhado do joelho torna-se de extrema importância.

### ANAMNESE

O doente com rutura do LCA apresenta geralmente uma anamnese típica, existindo no momento da lesão um “pop” típico, associado a dor, derrame hemático da articulação de instalação rápida (hemartrose), sensação de instabilidade e incapacidade por parte do doente de retornar à atividade que se encontrava previamente a realizar (63,71). A utilização de algumas perguntas tipo, tal como as que podem ser vistas na tabela 1, podem elevar a uma probabilidade de diagnóstico de rutura de LCA de quase de 70%, no caso de o doente referir eventos significativos e característicos da lesão tais como os descritos anteriormente (72).

Pelo contrário, doentes com lesões parciais do LCP conseguem continuar a sua atividade física, apresentando derrame pequeno e tardio. Na lesão dos meniscos, o derrame aparece apenas dias após o trauma (71). De salientar, que os doentes com rutura crónica do LCA desenvolvem episódios de instabilidade, sensação de ressaltado ou estalido do joelho, seguido de derrames recorrentes (72,73).



Perguntas chave - LCA
<i>Ouvir um estalido aquando a lesão?</i>
<i>Descreva o que sente.</i>
<i>Teve algum tipo de deslocamento? Sentiu o joelho a mover-se para o lado ou a sua perna a mover-se sobre o joelho?</i>
<i>O que piora a dor no joelho?</i>
<i>Houve algum tipo de trauma no seu joelho?</i>
<i>A instalação dos sintomas foi imediata, ou atrasada?</i>

Tabela 1 – Perguntas chave, a serem utilizadas durante a realização da história clínica (Adaptado de Goldstein, 2001) (72);

### EXAME OBJETIVO

Após a realização da história clínica, o exame físico é efetuado de forma sistematizada, para que não escape nenhum passo essencial ao médico responsável. Na avaliação objetiva sistematizada, podem e devem ser realizados alguns testes e manobras mais específicos que provocam a translação anterior da tibia e/ou a subluxação do joelho, com o propósito de aumentar a probabilidade de acertar no diagnóstico. Se efetuado de forma correta, este exame pode apresentar uma sensibilidade e especificidade de 82 e 94%, respetivamente (63).

Assim, a sistematização pode ser realizada da seguinte forma: inspeção, amplitude de movimentos, palpação, testes específicos e exame neurovascular – sendo que o joelho não lesado deve ser sempre o primeiro a ser examinado. Apesar disto, não nos devemos esquecer que a dor presente no joelho pode ser uma dor referida da coluna lombar ou da articulação coxofemoral (74).

#### *Inspeção*

O exame deve iniciar-se com a inspeção dos joelhos do doente e da sua marcha. A marcha é capaz de nos fornecer informação acerca da localização da dor e das limitações das atividades de vida diárias. Também a observação da posição preferencial do doente na mesa de exame é de extrema utilidade (63,74).

Inicialmente, a avaliação do joelho deve começar pelo seu alinhamento em posição de pé e em posição supina, posteriormente, atendendo à sua fisionomia, como o *genu recurvatum*, *genu varum* ou *genu valgum* (propícios a determinadas lesões), sinais de atrofia muscular (provável e possível lesão crónica), equimoses, cicatrizes, lacerações, rashes cutâneos, efusões ou hemartroses, estas demonstradas pela perda do sulco peri-patelar (72,74).

#### *Amplitude de movimento*

A avaliação de articulações músculo-esqueléticas deve incluir sempre a amplitude de movimento (ROM). A perda de amplitude articular deve ser sempre seguida pela procura do fator limitante, a dor e/ou o derrame/inchaço. Com o derrame, o aumento do volume intra-articular provoca dor, que leva ao espasmo dos músculos posteriores da coxa, limitado a amplitude articular. Deste modo, o doente sente dificuldade na flexão do joelho, sendo que, a dificuldade de

hiperextensão é mais indicativa de lesão do LCA, tanto pelo derrame como pelo coto do LCA que poderá interpor-se na superfície articular impedindo a extensão. Apesar disso, devemos sempre ter em atenção que a lesão meniscal leva também a uma limitação da extensão completa da articulação, quando um fragmento meniscal se desloca para chanfradura intercondiliana na rotura em asa de cesto, como se pode ver na figura 2 (63).

### *Palpação*

A palpação é importante para distinção entre o derrame e o inchaço, isto porque as causas mais comuns de derrame agudo são as roturas periféricas dos meniscos, a rotura do LCA, a fratura intra-articular, a rotura do tendão do músculo extensor e de deslocação da rótula. O inchaço é definido como um edema numa parte do joelho e é de causa extra-articular. Já o derrame, é caracterizado por uma área de inflamação simétrica em torno do joelho que se manifesta minutos/horas após um acontecimento traumático; este é um sinal comum de lesão intra-articular (74). Para diferencia entre derrame e inchaço, coloca-se a mão na coxa do doente e aplica-se ligeira pressão deslizando a mão para baixo, em direção à área supra-patelar. Uma rótula flutuante é sinal de derrame articular.

Na palpação, todas as áreas e pontos do joelho devem ser avaliadas, sendo que as áreas mais dolorosas são as últimas a serem vistas. Começando superiormente à rótula, o examinador inicia a palpação do músculo e tendão do quadricípite e tendão rotuliano, com o joelho em extensão. Posteriormente, realiza-se a palpação do ligamento colateral medial (LCM), do ligamento colateral lateral (LCL), da banda ou trato iliotibial, do músculo bicípite femoral, dos tendões da “pata de ganso” (tendões dos músculos sartório, grácil e semitendinoso) e tendões dos músculos flexores (ou *hamstrings*). De seguida, o joelho é flexionado a 90° e é efetuada a palpação em torno das linhas interarticulares, medial e lateral. Para finalizar, é realizada a palpação de todas as superfícies articulares, incluindo os côndilos femorais medial e lateral, a rótula, o tubérculo de Gerdi e a cabeça do perónio. Esta palpação é efetuada com o objetivo de reproduzir a possível dor existente nestes pontos (74).

### *Testes específicos*

Os testes clínicos, específicos para a rutura do ligamento cruzado anterior, que mais são utilizados são aqueles que provocam a translação anterior da tibia, onde se destaca o teste de Lachman e o teste da gaveta anterior; e os testes que induzem a subluxação do joelho, sendo que o teste de Pivot Shift é o mais utilizado, contudo, existem outros menos difundidos tais como o teste de Dejour (63,75,76). Tal como anteriormente, também aqui é sempre recomendado comparar a mobilidade do joelho afetado com o joelho saudável, sendo fundamental não esquecer as limitações destes exames (força não controlada e aplicada por cada examinador e o reflexo de resistência do doente provocado não só pela ansiedade, mas também pela dor), daí a necessidade de serem realizados por profissionais experientes (36).

Dentro dos testes que provocam a translação anterior da tibia, o teste de Lachman (Fig. 7) é o preferido, com 60 a 100% de sensibilidade (63,72,73) e 94 a 96% de especificidade (71,72). Antes de ser realizado, é necessário assegurar que a tibia não se encontra subluxada posteriormente, a fim

de evitar falsos positivos nos casos de rotura de ligamento cruzado posterior (36). Com o doente em posição supina e o joelho fletido entre 15° e 30°, o examinador estabiliza o fémur colocando uma mão na parte externa coxa do doente e, com a outra mão na parte anteromedial da tíbia e o polegar na tuberosidade tibial, traciona anteriormente a tíbia (53,72,73,77). Um resultado positivo será sentido e/ou visto pelo examinador como uma translação anterior da tíbia (36) e é avaliado pela distância da translação e a firmeza do “*end-point*” (72,74). Uma translação de 1 a 5 mm é classificada como laxidez de grau I; de 6 a 10 mm como laxidez de grau II; e mais do que 10 mm ou sem “*end-point*” é considerado grau III (36). Uma translação anterior superior a 3 mm em relação ao joelho contralateral, são, encontra-se presente em 90% dos doentes com esta patologia (72).

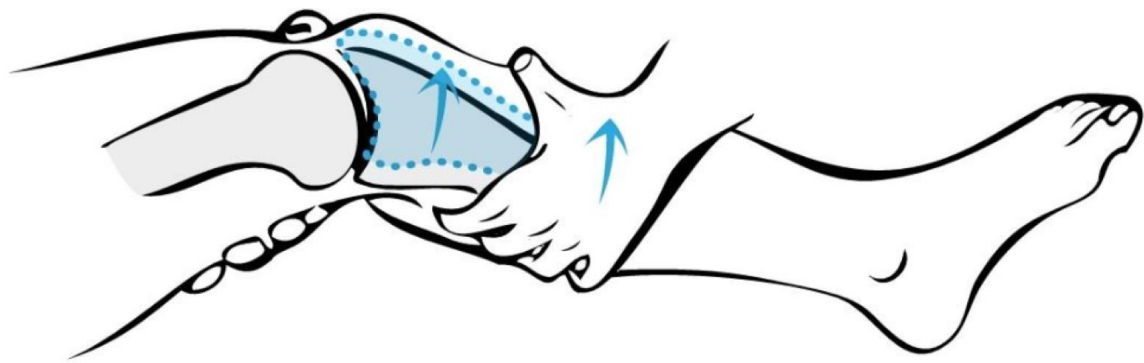


Figura 7 – Teste de Lachman (Adaptado de Google imagens);

O teste da gaveta anterior (Fig. 8) é similar ao teste de Lachman, no entanto, ocorre com o joelho em flexão a 90° o que pode explicar as diferenças encontradas na sensibilidade e especificidade destes testes (41% e 95% respetivamente) (63,72). Alguns autores referem que uma das principais razões para esta diferença ostenta-se no facto de que os estabilizadores secundários da articulação, como as superfícies articulares e os meniscos, serem mais resistentes a 90° do que a 30° de flexão (teste de Lachman); outro motivo apresentado é o facto dos músculos flexores do joelho conseguirem uma ação mais robusta de resistência às forças de translação anterior quando o joelho se encontra a 90° de flexão; por último, também a hemartrose é alegada como provável causa desta discrepância porque se torna muito mais desconfortável com o joelho a 90° de flexão (72). Com o doente em posição supina e o joelho fletido a 90°, o examinador senta-se sobre o pé do doente para prevenir a sua movimentação e com ambos os polegares palpa as zonas medial e lateral da linha articular anterior a fim de determinar o grau de translação anterior da tíbia. De seguida, coloca as mãos em torno da articulação e traciona a perna anteriormente. Um aumento da laxidez comparativamente ao joelho saudável é indicador de insuficiência do LCA (53,74). Esta manobra avalia principalmente a banda anteromedial do LCA (53).

Apesar de este teste apresentar sensibilidades baixas em situações agudas, tal como vimos anteriormente, em situações crónicas o teste da gaveta anterior apresenta-se como sendo o melhor teste diagnóstico, com uma sensibilidade de 92% e uma especificidade de 91% (77).

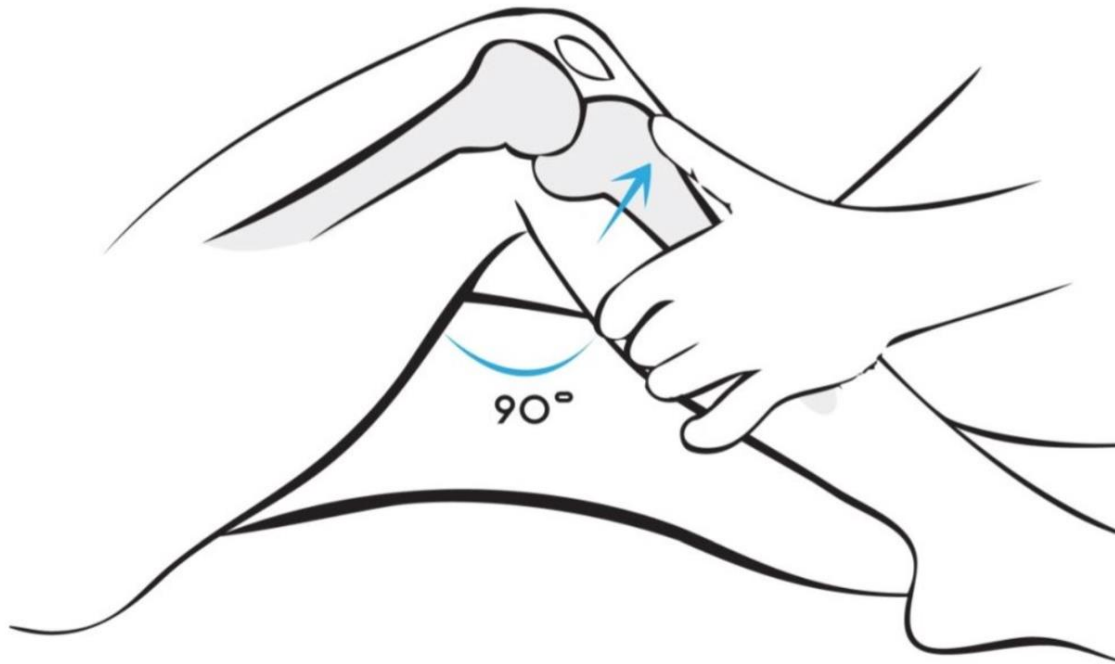


Figura 8 – Teste da gaveta anterior (Adaptado de Google imagens);

O teste do Pivot Shift (Fig. 9) foi criado em 1972 por Macintosh e Galway e sua denominação foi baseada na sensação de instabilidade percebida por um jogador de hóquei quando a descreveu: “*when I pivot, my knee shifts*” (78,79). Este teste avalia o componente rotacional do LCA, sendo positivo quando existe subluxação anterior do prato tibial lateral em relação ao fémur nos últimos graus de extensão do joelho, considerando-se um ressalto positivo quase sempre patognomónico de rotura do LCA (36,71,74). Apesar de baixa sua sensibilidade de 24 a 32%, a sua elevada especificidade 97 a 100% (71,72,80) torna-o um dos testes mais utilizados na avaliação do LCA, mesmo perante a dificuldade para a sua realização em doentes conscientes não sedados ou anestesiados (53,74), até porque vários estudos revelaram que este teste é o melhor na correlação da instabilidade funcional e nos resultados futuros do doente quando comparado com os outros testes (80). O teste é realizado com o doente em decúbito dorsal e o joelho em extensão completa, sendo então efetuada uma rotação interna da tibia, com a mão do examinador a segurar o tornozelo do doente, enquanto exerce uma força em valgo com a outra mão e, executa uma ligeira flexão da articulação (53,74) até cerca de 40° (36). Um teste positivo é reproduzido por uma subluxação anterior da tibia com posterior redução abrupta, provocando um estalido ou ressalto sentido pelo médico a aproximadamente 20 a 40° de flexão, aquando da força exercida pelo trato iliotibial (36,53,72,74,80). Este teste é a reprodução do evento que ocorre quando a articulação do joelho cede devido à perda do LCA (36).

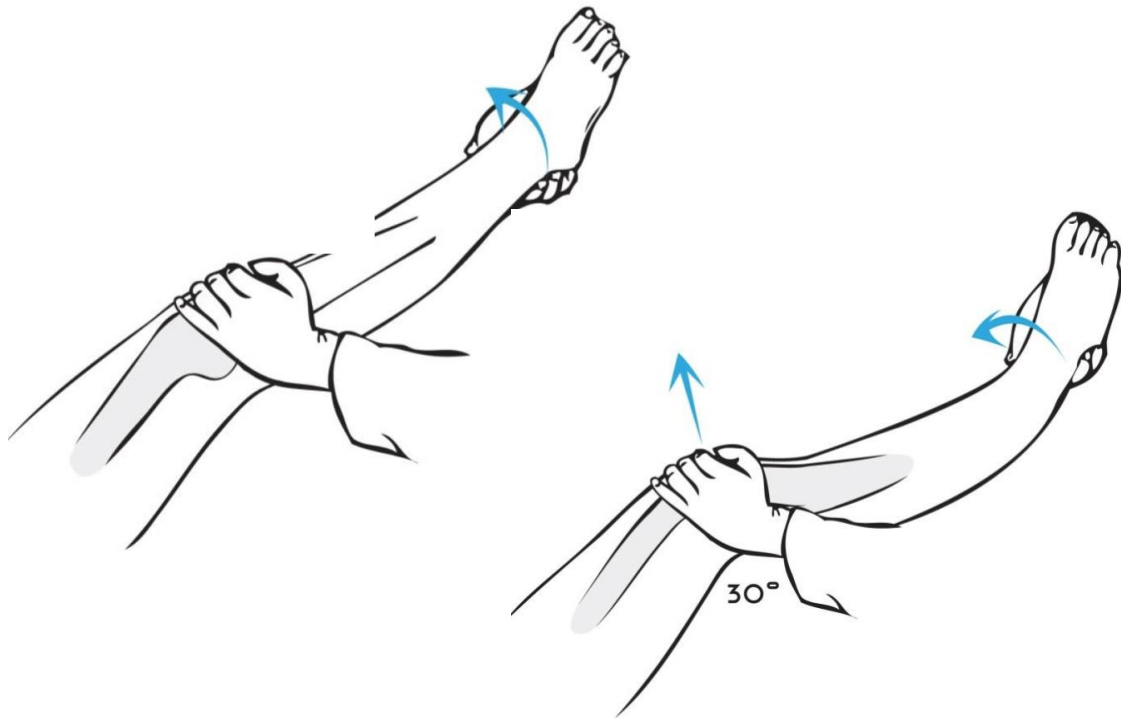


Figura 9 – Teste de Pivot Shift (Adaptado de Google imagens);

### IMAGIOLOGIA

O recurso aos meios complementares de diagnóstico e tratamento (MCDT's), nomeadamente à imagiologia, seja ela através da radiografia simples (Rx), da ressonância magnética nuclear (RMN) ou da tomografia computadorizada (TC), é, tal como o nome indica, um complemento da anamnese e do exame objetivo.

#### *Radiografia simples*

Por vezes, a avaliação radiográfica simples do joelho, que inclui as incidências ântero-posterior (AP) e de perfil, ambas em apoio monopodal, de túnel e incidência axial torna-se importante na avaliação inicial da rotura do LCA. Esta avaliação é importante tanto para visualização direta de alterações e/ou fraturas, como a fratura de Segond referida anteriormente, como na observação indireta, através dos sinais de derrame do joelho. Além do diagnóstico de fraturas ósseas, o Rx tem também o seu valor na avaliação da maturidade do esqueleto ósseo e nas alterações degenerativas acompanhantes do processo de envelhecimento (53,63).

O Rx de perfil em apoio monopodal pode evidenciar translação anterior da tibia acentuada, situação que exige recuperação mais cuidados, com o apoio total do membro mais tardiamente que o habitual (50,53).

O Rx de face ou ântero-posterior, é importante, por exemplo, para a identificação da fratura de Segond, representada por uma pequena fratura de orientação vertical na margem lateral do prato tibial que é patognomónica da rotura do LCA (53). Nesta incidência, pode também ser detetada a fratura da espinha tibial por avulsão, nos jovens, mas também nos adultos vítimas de lesão por uma

força de elevada intensidade (53,72). De realçar também que é neste tipo de incidência que se visualiza as alterações morfológicas do joelho, como por exemplo o *genu varum*.

A incidência de túnel mostra-nos o tipo de chanfradura intercondiliana existente. Nos casos de chanfradura estenosada associada a *recurvatum*, aumenta a hipótese de lesão por conflito do LCA com o teto da chanfradura (50).

Por fim, a incidência axial permite detetar possíveis alterações na congruência fémuro-rotuliana e possível fratura da rótula (50).

É importante salientar que, a avaliação radiográfica desempenha um papel extremamente importante na avaliação de lesões crónicas, mostrando não só a formação dos osteófitos, mas também a hipertrofia das espinhas tibiais e o estreitamento do espaço articular do joelho (72).

### *Ressonância magnética*

A ressonância magnética nuclear (RMN), apresentando uma sensibilidade de 92 a 100% e uma especificidade de 85 a 100%, torna-se um exame complementar de elevada relevância para a confirmação do diagnóstico de rotura do LCA (53,81). No geral, o diagnóstico da lesão do LCA pode ser feito com uma acurácia de cerca de 90% apenas baseado no sinal característico e na morfologia do LCA (53). Contudo, existe um variado número de sinais secundários que podem aumentar a acurácia do diagnóstico (82-85). Por tudo isso este exame é considerado de eleição, não só para a avaliação do ligamento em causa e a localização exata da rotura, mas também para avaliação de outros ligamentos de suporte da articulação do joelho, de defeitos osteocondrais e potenciais danos ósseos (72,81,86) e, até mesmo, preferido em relação à confirmação do diagnóstico por artroscopia por ser um exame com menores riscos e menos invasivo (86).

Os achados das imagens da lesão dependem sobretudo do grau e do tempo desta (53). A rotura do LCA é representada na RMN por sinais diretos (descontinuidade focal ou difusa do ligamento, intensidade de sinal alterada e diminuição da inclinação das fibras restantes) e indiretos, com baixa sensibilidade mas alta especificidade, como as alterações ósseas, roturas meniscais, sinais anatómicos (translação anterior da tibia superior a 5mm, entre o bordo posterior dos côndilos femorais e a metáfise tibial), outras lesões ligamentares, neurovasculares ou musculares e lesão do ponto de ângulo pósterio-externo (PAPE) (53,81). A RMN é também um excelente e importante instrumento, não só na fase aguda da lesão, mas também na fase crónica (86), realçando características específicas como a atenuação ou retração das fibras ou até desaparecimento destas, apresentando as fibras remanescentes uma orientação horizontal ou aderentes ao LCP, podendo adquirir um sinal de baixa intensidade devido à fibrose cicatricial deste tecido (53).

Relativamente aos sinais diretos de lesão exibidos pela RMN, o LCA pode aparecer atenuado ou irregular ou mesmo curvado posteriormente, com áreas de maior intensidade em T2 (53). A intensidade de sinal altera-se com o aumento de sinal em T2 que representam o edema e hemorragia do ligamento (53); no que respeita à diminuição da inclinação das fibras restantes do ligamento, esta é avaliada visualizando tanto a linha LCA-Blumensaat, considerada normal quando as linhas representantes de cada estrutura resultam num ápice que aponta superiormente e anormal quando aponta inferiormente, como o ângulo do LCA, entre o ligamento e o prato tibial lateral, sendo

considerado normal quando superior a 45° (81). Assim, as fibras restantes normalmente adquirem uma orientação horizontal ou aderem mesmo ao ligamento cruzado posterior (LCP)(53).

No grupo dos sinais indiretos, a alteração óssea mais relevante é a contusão secundária às forças de impactação, reportadas em 80% dos casos (54)(6), que adquirem hipersinal em T2 e hiposinal em T1, rodeando o osso cortical subcondral. O clássico “sinal do beijo” pode ser visualizado entre o côndilo femoral, adjacente ao corno anterior do menisco lateral, e a zona posterior do prato tibial lateral (53). Contudo, se a força for de elevada intensidade pode mesmo ser possível a visualização da impactação óssea nos dois locais referidos anteriormente (53,81). Outra imagem também encontrada é o edema da medula óssea, normalmente no bordo posterior do prato tibial medial e reflete a redução da tibia após a luxação inicial desta e é normalmente associada a rotura periférica do menisco ou separação menisco-capsular(87). Outro local onde pode ocorrer edema é a zona póstero-medial da tibia resultante de avulsão do tendão do músculo semimembranoso. A fratura de Segond, referida anteriormente, pode também ser visualizada através da RMN (53). As roturas meniscais muitas vezes acompanham a rotura do LCA (15 a 40%) (54), quer na fase aguda quer na fase crónica. Para este tipo de lesões, a RMN apresenta uma sensibilidade de 88% (menisco medial) e 69% (menisco lateral), valores inferiores quando comparados com os encontrados para as roturas meniscais isoladas. Isto pode dever-se ao facto de a força causadora deste tipo de lesões múltiplas produzir um padrão de lesão meniscal difícil de identificar, como as roturas verticais nas porções posteriores e periféricas do menisco ou lesões nas raízes destes (53).

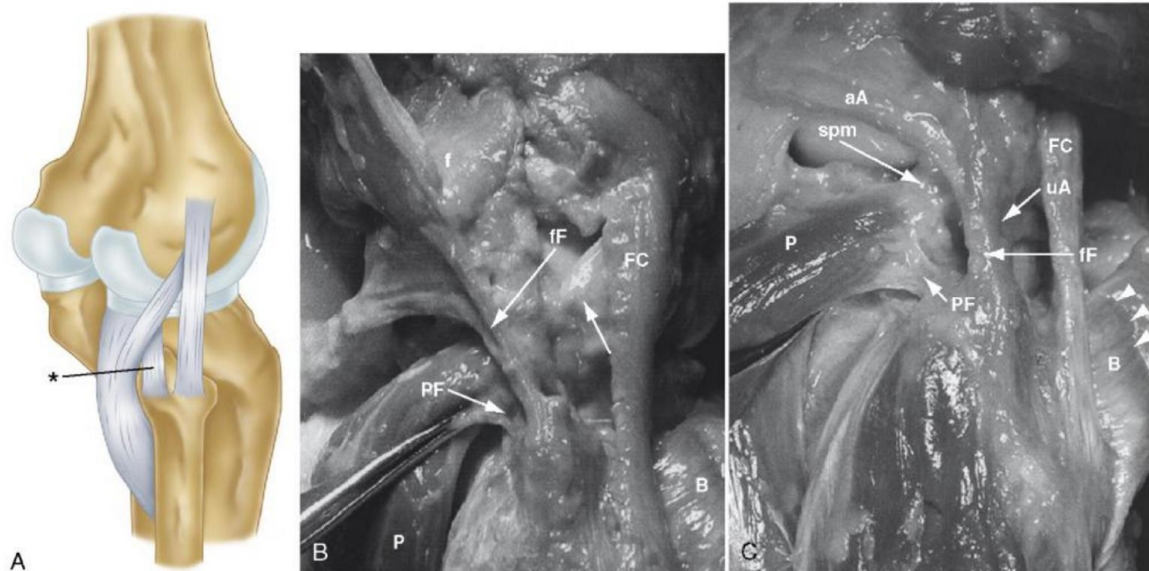


Figura 10 – A: O ligamento popliteoperoneal (\*); B: Dissecção do complexo póstero-lateral (CPL); C: Dissecção do complexo póstero-lateral; Legenda: PF – ligamento popliteoperoneal, P – músculo poplíteo, fF – ligamento fabeloperoneal, FC – ligamento colateral peroneal ou lateral, spm – fascículo superior do popliteomeniscal; (Adaptado de Hunter, 2012)(88)

A lesão do PAPE, estrutura com ação estabilizadora e dinâmica do joelho, é infrequente, mas geralmente associada à lesão do LCA ou LCP. No entanto, o seu diagnóstico é importante, pois pode gerar grande instabilidade articular resultando na degeneração da cartilagem e falha na

reconstrução do ligamento em causa (81). Portanto, também aqui a RMN adquire um papel importante nesta avaliação, particularmente quando o exame físico é envolto em dificuldades. Existe uma grande dificuldade em diferenciar lesões das estruturas mais internas deste complexo (ligamento arqueado, ligamento popliteoperonial e ligamento fabeloperonial – Fig. 10), sendo a visualização de edema no local destas estruturas o grande indicador de lesão. Deste modo, o grande objetivo do médico é identificar lesões nas grandes estruturas deste complexo, como o ligamento colateral peronial (lateral) e o músculo bicipital ou achados como a contusão óssea da zona anteromedial do fémur, rotura do ligamento lateral da cápsula do joelho, rotura da junção miotendinosa do músculo poplíteo ou avulsão do tendão do poplíteo na inserção femoral, todos grandes indicadores de lesão nesta zona pósterolateral (53).

## Tratamento

Os objetivos do tratamento da lesão do LCA baseia-se na recuperação da estabilidade da articulação e na prevenção de novas lesões sem os quais podem existir complicações a longo prazo, como por exemplo a osteoartrite (54,71,73,89-91).

O tratamento inicial da rotura do ligamento cruzado anterior, imediatamente após a lesão, baseia-se na sigla inglesa PRICE (*Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation*). Deste modo, atua-se na redução da hemartrose, com repouso e descarga total do membro afetado, aplicação de gelo local, imobilização relativa com compressão e elevação do mesmo. A profilaxia da trombose venosa profunda poderá justificar-se, dependendo do critério médico. Alguns dias após a lesão inicia-se o tratamento fisioterápico para reaprendizagem de movimentos normais, controlo quadrípital, redução dos sintomas inflamatórios, prevenção de atrofia e contraturas musculares (71,86). Esta abordagem inicial torna-se crucial, uma vez que, a fase aguda do processo inflamatório associa-se, frequentemente, a fibrose e dificuldade na recuperação (54,73,89,92). No entanto, há lesões do LCA que pela associação com patologias mais graves requerem intervenção cirúrgica em fase aguda e por isso levam à sua reconstrução nesta fase pós-lesão, o que acarreta dificuldades na recuperação, já previstas. São bons exemplos, as roturas meniscais com fragmentos meniscais deslocados para a chanfradura ou lesões ligamentares periféricas extensas (50).

Apesar de poucos, ou nenhuns, estudos fazerem a comparação através de ensaio clínico entre o tratamento cirúrgico de reconstrução do LCA e o tratamento conservador (93-95), é sabido entre pares que o segundo traz algumas desvantagens relativamente ao primeiro, pois o ligamento recuperado sem cirurgia não é tão forte quanto o original e apresenta uma diferente arquitetura, o que pode levar a uma instabilidade constante e conseqüentemente a um aumento do risco de nova rotura com danos cartilágneos e meniscais. Em geral, o tratamento conservador é útil quando se trata de doentes sedentários, mas quando são doentes ativos, com grandes níveis de atividade física, os resultados obtidos são muito desanimadores (96).

Após o seu diagnóstico da lesão, a decisão do tratamento a aplicar é dependente de variáveis únicas de cada doente e por isso ponderado caso a caso. Daniel e colaboradores demonstraram que a capacidade do doente para lidar com a rotura do ligamento encontra-se dependente da instabilidade presente e da vontade para modificar o estilo de vida, evitando atividades de alto risco (73).



Por tudo isso, doentes com rotura parcial do LCA e sem instabilidade, doentes com rotura completa mas sem instabilidade para atividades de baixo risco, capazes de abdicar de atividades com riscos elevados, doentes sem lesões associadas à rotura do LCA, crianças (73,92) e doentes com lesões de artrite avançada (54) podem vir a beneficiar do tratamento conservador.

O tratamento não cirúrgico baseia-se na imobilização do membro inferior por um período de 2 a 3 semanas com consequente resultado de acumulação de fibroblastos e proliferação de fibras de colagénio, não descuidando a realização de movimentos lentos e controlados, capazes de prevenir os efeitos adversos da imobilização (mantendo a amplitude de movimentos) e reforçar a orientação das fibras; na realização de fisioterapia; e na educação do doente em como prevenir a instabilidade da articulação e nova lesão através do treino proprioceptivo (73,86,92). Geralmente após 4 a 8 semanas parece existir um retorno à normal função da articulação (86).

Apesar de não existirem critérios rigorosos de inclusão para o tratamento cirúrgico, o critério mais importante a ter em atenção é o nível de atividade física do doente (54,86).

Deste modo, terão indicação cirúrgica os doentes com sensação de instabilidade do joelho em atividades normais da vida diária ou atletas com participação ativa em atividades de alto risco como ski, ténis, basquetebol, futebol, voleibol, entre outros, assim como, indivíduos cuja profissão pode proporcionar movimentos de pivot e desaceleração repentina (54,63,71,73,92). Num joelho com rotura crónica do LCA em que vão surgindo lesões meniscais e cartilagíneas, geralmente está indicada a reconstrução do LCA, pois estas lesões são tradutoras de uma instabilidade que convém anular ou pelo menos minimizar. A sutura isolada de uma lesão meniscal associada a rotura do cruzado anterior tem uma percentagem elevada de falência no caso de não haver reconstrução do LCA associada, (73,81,92), havendo apenas cura em apenas 50 a 60% dos casos operados (86).

A idade, por si só, não é um critério importante a favor ou contra cirurgia (54,92). As lesões ligamentares periféricas importantes (ligamentos colaterais) que não sejam reparadas cirurgicamente podem gerar uma laxidez residual que conduz à falência da ligamentoplastia do LCA (86).

## **Tempo até à cirurgia**

O tempo ótimo para realização da cirurgia é também uma ideia em debate atualmente, uma vez que a cirurgia, precoce ou retardada, está associada a efeitos adversos. Assim, este momento é influenciado por vários fatores clínicos e sociais. A decisão clínica deve basear-se também em critérios objetivos, tais como o edema e derrame pré-operatório, na dor existente e no défice de amplitude articular (97). Também as obrigações sociais e preferências do cirurgião influenciam esta escolha.

A artrofibrose é considerada uma das complicações mais frequentes aquando a cirurgia precoce do LCA.

Na tabela 2, podemos ver o resumo das principais complicações associadas ao tempo de cirurgia. A probabilidade de artrofibrose é maior quando a cirurgia é efetuada nas primeiras três semanas após a lesão (98-100) quando comparada com a cirurgia tardia ou atrasada. Como referido anteriormente, são vários os fatores que influenciam a decisão do momento de cirurgia. Também o

edema ósseo afeta a fixação dos parafusos e desta maneira a fixação do enxerto. Eitzen *et al*, descobriram que a força pré-operatória do quadricípite influencia os resultados clínicos obtidos após a reconstrução do LCA, sendo que os doentes com menos de 80% da força do membro afetado estão associados a resultados clínicos inferiores em dois anos de pós-operatório (101).

Tempo para cirurgia	Precoce (< 3 semanas)	Tardia (> 1 ano)
<b>Complicações e Inconvenientes</b>	- Artrofibrose - Tempo reabilitação prolongada	- Osteoartrose - Lesão Meniscal - Lesão Osteocondral - Lesão Ligamentar

Tabela 2 – Complicações relacionadas com o tempo ou momento de cirurgia;

Alguns estudos demonstram ser favorável realizar a cirurgia de reconstrução tardiamente (de 3 a 52 semanas após a lesão). Shelbourne *et al* (98), descobriram que doentes onde a cirurgia foi realizada nos primeiros sete dias de lesão têm maior propensão para desenvolver artrofibrose do que aqueles que atrasaram o seu tempo de cirurgia. Neste estudo, ficou também demonstrado que dentro do grupo onde a cirurgia foi realizada precocemente, aqueles que adotaram um programa de reabilitação acelerado tiveram menores taxas de artrofibrose quando comparados com o grupo de reabilitação convencional. Almekinders *et al* (99), reportaram uma diminuição da amplitude de movimento (ROM) no primeiro mês, em pacientes com cirurgia realizada precocemente, mas sem diferenças a longo prazo entre os grupos. Eles descobriram também que as cirurgias mais prolongadas estão também associadas a uma diminuição precoce da ROM. Passler *et al* (100), demonstraram taxas de incidência significativamente superiores naqueles que realizaram a reconstrução do LCA precocemente (sete dias) versus tardiamente (quatro semanas), sendo 17,6% vs. 6,1% respetivamente.

Atualmente, de um modo geral, a cirurgia precoce para reconstrução do LCA é considerada melhor e com excelentes resultados clínicos. Tempos prolongados de espera até à cirurgia podem estar associados a um risco aumentado de lesões secundárias meniscais, cartilagíneas e dos ligamentos colaterais, que pode levar a uma osteoartrose precoce. Smith *et al* (102), na meta-análise publicada demonstraram resultados clínicos semelhantes quando a cirurgia reparadora é aplicada às três ou seis semanas após a lesão. Church e Keating (103), Kennedy *et al* (104) e Razi *et al* (105), reportaram um aumento significativo de lesão meniscal e alterações osteocondrais nos doentes que efetuaram a sua cirurgia de reconstrução para além de um ano após a lesão. Granan *et al* (106), refere um aumento de 1% de *odds ratio* (para lesão cartilagínea) por cada mês entre a lesão e a cirurgia. Vaishya e colaboradores (107), acreditam que a cirurgia precoce (menos de três semanas) pode estar associada a um risco aumentado de artrofibrose, mas, se realizada, esta deve ser acompanhada de um programa de reabilitação acelerado. Eles escrevem também que a cirurgia tardia para além de um ano está associada a taxas significativas de lesões secundárias às outras estruturas intra-articulares do joelho o que pode levar à osteoartrose precoce.

## Enxerto

A escolha do tipo de enxerto a aplicar é um dos principais passos a realizar antes da cirurgia. O enxerto ideal será o mais forte, capaz de fornecer uma fixação segura, fácil de manejar, disponível, responsável por uma baixa morbidade na zona dadora e com uma histologia e biomecânica capaz de mimetizar o ligamento nativo (86,108) e, a sua escolha, depende das preferências do médico cirurgião, da viabilidade dos tecidos, o nível de atividade física do doente e das lesões associadas (86), assim como a disponibilidade e a escolha do doente. O fato de não transmitir doença, minimizar a morbidade da região dadora e da colheita, assim como, atingir o comprimento e diâmetro adequado e ter uma boa relação custo-efetiva, são fatores a ter em conta.

Em 1917, Hey-Groves (109) apresentou o primeiro artigo sobre a reconstrução do LCA utilizando um autoenxerto, neste caso a fásia lata.

Os enxertos mais comuns incluem: 1) autoenxertos (110-114), tais como: osso-tendão rotuliano-osso (BPTB), isquiotibiais (HS) e o tendão do quadrícipite (QT); 2) aloenxertos (115-117): tendão tibial posterior, tendão Aquiles, tendão tibial anterior, BPTB e tendão do peroneal longo; 3) enxerto sintéticos: poliésteres, compostos carbonados, etc.

Romanini et al (20), recomendam o autoenxerto relativamente ao aloenxerto. O autor sugere também considerar o aloenxerto e/ou enxerto sintético em apenas alguns casos selecionados. Maletis et al (21), descobriu que: os aloenxertos têm um risco aumentado de revisão, 3,02 vezes maior, do que o autoenxerto BPTB; os isquiotibiais têm um risco 1,82 vezes superior de revisão também quando comparado com o autoenxerto BPTB. No seu estudo, eles também comentam o facto de que com o aumento da idade, o risco de revisão da cirurgia decresce cerca de 7%. Os fatores de risco para uma revisão cirúrgica precoce incluem a utilização de aloenxertos, utilização dos isquiotibiais e a idade precoce.

Quase 100 anos depois de Hey-Groves, o autoenxerto continua a ser o enxerto padrão para a reconstrução do LCA, contudo, ainda não é sabido qual o melhor tipo de autoenxerto a ser utilizado.

Shaerf *et al* (118), documentaram os prós e os contras dos enxertos mais utilizados. Também Bonasia e Amendola (119) escreveram sobre isso. O enxerto BPTB está associado a uma morbidade da região dadora, mas parece ter boa estabilidade e permite regressar a um nível alto de atividade física. O enxerto com os isquiotibiais é atrativo, uma escolha sempre boa, com uma colheita fácil, menos complicações na região dadora e com bons resultados. O enxerto do tendão do quadrícipite é mais recente, mas tem tido excelentes resultados, sendo também uma excelente opção. Os aloenxertos têm tido piores resultados nomeadamente no número de novas roturas, mas valiosos em situações onde não é viável o autoenxerto. Os enxertos sintéticos são caros, mas sem dúvida que diminui o tempo de cirurgia, um dos fatores que influenciam os resultados.

O tamanho obtido dos enxertos é também um desafio. As inserções tibiais e femorais são 3,5 vezes mais largas do que a porção média do ligamento, pelo que torna o correto posicionamento do túnel um verdadeiro desafio devido à dimensão limitada que o enxerto pode ter (120), no entanto, é um tema que será melhor explorado mais a frente.

Na tabela 3 podemos ver um pequeno resumo dos prós e dos contras.

Enxerto	Vantagens	Desvantagens
<b>Autoenxerto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidade imediata;</li> <li>- Sem transmissão de doença;</li> <li>- Sem esterilização, portanto boa resistência a longo prazo;</li> <li>- Prontamente aceite pelo corpo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Morbilidade da região dadora;</li> <li>- Aumento tempo cirúrgico;</li> </ul>
<b>Aloenxerto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem morbilidade da região dadora;</li> <li>- Diminuição do tempo cirúrgico;</li> <li>- Incisões menores;</li> <li>- Grande disponibilidade de enxertos grandes sem reduzir força dos extensores ou flexores;</li> <li>- Útil na revisão da cirurgia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidade;</li> <li>- Custo do enxerto;</li> <li>- Transmissão de doenças;</li> <li>- Diminuição da resistência com a esterilização;</li> <li>- Atraso na incorporação;</li> </ul>
<b>Enxerto sintético</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem morbilidade da região dadora;</li> <li>- Diminuição do tempo cirúrgico;</li> <li>- Sem transmissão de doença;</li> <li>- Útil na revisão da cirurgia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos elevados;</li> <li>- Grandes taxas de falha;</li> <li>- Inflamação latente;</li> </ul>

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens dos vários tipos de enxerto utilizados para reconstrução do LCA;

### Enxerto Osso-Tendão Rotuliano-Osso (BPTB)

Um grande número estudos com um mínimo de 5 anos de *follow-up* tem sido publicado (114,121-124).

Através da utilização dos scores do *International Knee Documentation Committee* (IKDC), *Tegner* e/ou *Lysholm*, resultados clínicos satisfatórios foram encontrados em 78-90% dos doentes. Os melhores resultados foram obtidos num grupo de 90 doentes, sem lesões meniscais no momento da cirurgia. Os scores dos doentes eram normais ou próximos ao normal em 90% dos casos; cerca de 98% tinha pivot shift grau I e 97% não tinha alterações degenerativas visíveis na radiografia simples (114,121). Ótimos resultados foram demonstrados com a cirurgia precoce em doentes sem lesão dos meniscos ou cartilágnea (122,124). As principais vantagens do BPTB são (107,114): 1) rápida cicatrização dos blocos ósseos; 2) fixação direta e rígida dos blocos ósseos nos túneis; e 3) boa preservação da carga ao fracasso e rigidez.

As desvantagens estão predominantemente ligadas à região dadora e incluem (107,114): 1) dor anterior no joelho; 2) tendinopatia rotuliana; 3) rotura do tenção rotuliano; 4) fratura da rótula; 5) aumenta da rigidez articular; 6) condromalacia tardia; e 7) lesão do ramo infra-rotuliano do nervo safeno.

### Enxerto dos isquiotibiais (HS)

O enxerto quádruplo dos isquiotibiais tem sido amplamente utilizado e consiste ou no feixe duplo do tendão semitendinoso e do gracilis ou no feixe quádruplo tendão do semitendinoso. Vários estudos têm sido publicados comparando este enxerto com o BPTB (112,125-130). As principais vantagens apontadas ao enxerto com os isquiotibiais são: 1) grande resistência ao fracasso e rigidez; 2) uma maior área em corte transversal do enxerto; 3) facilidade na passagem do enxerto; 4) menor incisão; 5) baixa morbilidade pós-operatória; e 6) menor morbilidade da região dadora. As

desvantagens (114)são: 1) mais lenta cicatrização do tendão-osso no túnel; 2) possibilidade de lesão do nervo safeno; 3) enfraquecimento dos músculos isquiotibiais após a cirurgia; e 4) alargamento do túnel.

Numa meta-análise, Freedman *et al* (131) juntaram informações de 34 estudos diferentes. Neste estudo eles encontraram, em 1976 doentes, taxas significativamente mais baixas de falha do enxerto, menor laxidez e uma maior satisfação dos doentes no grupo do BPTB. Contudo, há uma maior incidência de dor na região anterior do joelho no grupo BPTB (132). Em outra meta-análise realizada dois anos antes, por Yunes *et al* (133), onde apenas quatro estudos cumpriram os critérios de inclusão (411 doentes), os autores encontraram que o grupo do BPTB tinha menor laxidez do que o grupo com HS aquando a avaliação com o KT-1000 a 20lb (cerca de 9 kg). Além disso, todos os estudos incluídos na meta-análise sugeriu que o grupo com BPTB teve uma maior taxa de sucesso no retorno à atividade física dos níveis da pré-lesão.

### Enxerto do tendão quadricípite (QT)

A utilização do tendão do quadricípite como enxerto para a reconstrução cirúrgica do LCA tem sido defendida por Staubli *et al* (134) e Fulkerson e Langeland (135), que documentaram as boas propriedades biomecânicas deste tendão (114). Chen *et al* (136) descreveram o resultado da reconstrução artroscópica com o autoenxerto do QT em doze doentes. Após um *follow-up* de 15-24 meses, dez retomaram o seu nível de atividade pré-lesão e dez tinham um score normal ou perto do normal no IKDC. No entanto, após um ano, a força do quadricípite era 80% do normal em onze doentes. Deste modo, as vantagens deste enxerto são (114): 1) um tendão espesso; 2) boas propriedades biomecânicas; e 3) menor dor anterior do joelho. As desvantagens (114): 1) fraqueza do quadricípite após a cirurgia; 2) uma cicatriz que poderá ser desagradável; e 3) a colheita do enxerto, que é tecnicamente mais difícil.

### Cirurgia: posicionamento

A reconstrução cirúrgica do LCA é uma das cirurgias ortopédicas mais realizadas a nível mundial, estimando-se que sejam efetuadas entre 50.000 e 300.000 reconstruções só nos Estados Unidos da América (1,137,138). Apesar disso, e tendo em conta a vasta experiência dos cirurgiões e o crescente avanço das técnicas utilizadas, ainda não existe um consenso que defina a melhor técnica, havendo algumas preferenciais. É também importante salientar que, nos dias de hoje e de maneira universalizada, a reconstrução do LCA é astrosopicamente assistida, utilizando técnicas minimamente invasivas de modo a reduzir ao máximo a morbilidade cirúrgica (2).

Assim, a cirurgia de reconstrução do LCA com túneis tibiais completos (“*outside-in*”) é uma prática comum por grande parte dos Cirurgiões Ortopédicos (139). Já a técnica de reconstrução do LCA “*all-inside*” é uma modificação da técnica com os túneis tibiais completos, onde o túnel tibial é incompleto. Fez-se uma previsão de que através da técnica “*all-inside*” se produzisse menos dor quando comparado com a “*outside-in*” (140,141) e, realizou-se mesmo uma avaliação biomecânica (142,143), contudo, os resultados na cirurgia do LCA com a técnica “*all-inside*” nunca foram amplamente divulgados (144).

### O doente na mesa de cirurgia

A posição do doente aquando a intervenção cirúrgica é um fator de extrema importância, não só para a redução de erros e redução da morbilidade, mas também para facilitar a execução da técnica cirúrgica.

Na mesa de cirurgia, o doente deve encontrar-se em posição supina com o joelho no suporte para a perna. A posição supina requer o membro inferior em valgo, um apoio para o quadril e um apoio para o pé, de modo a ajudar na flexão do joelho. O cirurgião pode sentar-se ou permanecer de pé durante o procedimento. A mesa cirúrgica é desmontável de modo a permitir a flexão completa do joelho e manter uma boa acessibilidade. O suporte para a perna permite ao cirurgião permanecer em posição direta e frontal ao joelho flexionado. Pode ainda ser utilizado o torniquete na coxa do membro em questão de modo a reduzir o sangramento.

### Posicionamento dos túneis

Entre os vários fatores que determinam o resultado da reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior, o posicionamento dos túneis (completos ou incompletos), tibiais e femorais, são por si só um fator limitante para o sucesso (145,146). Atualmente, existem várias técnicas cirúrgicas para o efeito, nomeadamente quatro técnicas primárias e muito disseminadas: técnica *all-inside* (retrógrada) (AI), técnica *inside-out* transtibial (TT), técnica *inside-out* com portal anteromedial acessório (AMP) e técnica *outside-in* (OI).

Dentro das técnicas *inside-out*, na transtibial, o túnel femoral é feito através do túnel tibial e, na segunda, o túnel femoral é perfurado através de um portal acessório anteromedial enquanto o joelho se encontra em flexão máxima entre os 120 e 130°.

Vários estudos têm avaliado o efeito do posicionamento dos túneis e todos eles concluem que a má colocação tem um efeito negativo na integração e função do enxerto na reconstrução do LCA (147). Este problema surge na maior parte das vezes no túnel femoral (148), uma vez que a inserção proximal do LCA se encontra mais próxima do centro rotacional do joelho, fazendo com que pequenos erros no seu posicionamento contribuam para um grande défice funcional (149).

Quando comparado à abordagem transtibial, a construção e realização do túnel femoral pelo portal anteromedial, resulta na criação de um túnel com orientação mais oblíqua no plano coronal, o que permite reproduzir de forma mais exata o “*footprint*” femoral anatómico (150). De acordo com alguns estudos biomecânicos, este posicionamento, mais anatómico, melhora substancialmente a estabilidade rotacional (151). Esta técnica, com portal anteromedial, permite menor risco de fratura da cortical aquando a perfuração, uma vez que a distância do guia até à parede posterior é ligeiramente maior (150). Contudo, também há desvantagens, nomeadamente a redução da visibilidade e a angulação excessiva no plano sagital, o que pode incorrer em erosão da porção anterior, resultando em alargamento do túnel ósseo (152).

Na técnica transtibial, o guia de perfuração passa perto do teto da chanfradura, distanciando-se do local de inserção anatómico, a chamada inserção às 10 horas (153). Este posicionamento superior do túnel, resulta numa orientação mais vertical do enxerto, a chamada inserção às 11 horas

ou 11 horas e 30 (153). O grupo de Lee (154) concluiu que a orientação vertical do enxerto resulta em piores resultados clínicos (objetivados com o KT-1000 e o Pivot Shift) e menor score na escala de Lysholm. Todavia, alguns autores referem ser possível posicionar o túnel no local de inserção anatômico se o fio guia for colocado mais perto da linha articular tibial, o que não impede de se obter um túnel tibial curto que poderá comprometer a fixação e incorporação do nosso enxerto (155).

Quando avaliamos o plano sagital, verificamos que ambas as técnicas não apresentam diferenças na orientação do túnel obtendo-se uma orientação mais vertical que o ligamento nativo (156). Hantes *et al*, atribuíram esta orientação vertical à opção de os cirurgiões colocarem o túnel tibial ligeiramente posterior à inserção anatômica do LCA de modo a evitar o conflito na chanfradura. Outra possível explicação, é a preferência de muitos cirurgiões em criar um túnel tibial mais vertical para obter um túnel com comprimento suficiente (156), contudo, alguns autores referem que um túnel com orientação mais oblíqua no plano sagital produz um túnel com comprimento suficiente (157,158).

## Cirurgia: técnicas

### *All-inside*

A técnica de reconstrução do LCA “*all-inside*” foi descrita na literatura pela primeira vez por Morgan *et al* em 1995 (159). A técnica praticada pelo grupo eliminou a necessidade de um túnel transtibial completo através da utilização um portal anteromedial alto de modo a permitir perfurar o túnel tibial de dentro para fora (incompleto) e, em seguida, fixar o enxerto através de um parafuso de interferência pela mesma porta. Mais tarde, Stähelin e Weiler descreveram uma técnica semelhante (160). Contudo, estas técnicas nunca ganharam grande popularidade devido, essencialmente, ao grande nível de dificuldade técnica (140,161-163). Já em 2002, Morgan e o seu grupo desenvolveram um parafuso de interferência bioabsorvível para a fixação tibial do enxerto (161). Embora não sendo uma verdadeira técnica “*all-inside*” quando o túnel tibial completo era efetuado, o processo de perfuração retrógrada e a fixação com parafuso de interferência abriram as portas para o desenvolvimento de outros procedimentos “*all-inside*” (140). Todos estes acontecimentos aprazaram os seguintes grandes avanços na reconstrução “*all-inside*” do LCA. Em 2006, Lubowitz descreveu uma técnica onde utiliza um “*Dual RetroCutter*” (Arthrex®), uma broca artroscópica capaz de realizar a perfuração retrógrada e anterógrada (140).

O desenvolvimento de um fio guia com a capacidade de se converter, no interior da articulação, numa broca retrógrada (164) (por exemplo, o FlipCutter; Arthrex®) simplificou e muito a criação do túnel tibial, eliminando a necessidade de montagem da broca intra-articular. Cerulli *et al*, foram os primeiros a descrever uma técnica de reconstrução do LCA que utilizou uma broca conversível para criar os túneis, tibiais e femorais, independentemente (165). A fixação femoral foi suspensa com um botão cortical e a fixação tibial com um dispositivo de fixação tibial *low-profile*.

Já em 2011, Lubowitz descreveu a segunda geração da técnica de reconstrução do LCA “*all-inside*” utilizando a técnica GraftLink da Arthrex® (166). Através de uma broca retrógrada criou independentemente os túneis, tibial e femoral, fixando os enxertos através de um botão cortical suspenso em ambos os lados. A grande diferença entre a esta segunda geração e a primeira é a construção do enxerto (Fig. 11). Uma estação para a preparação do enxerto facilita a sutura do enxerto quádruplo (quatro voltas), sendo que este é ligado em cada extremidade ao dispositivo de fixação para suspensão, tal e qual os elos de uma corrente (Fig. 12).



Figura 11 – Dispositivo ou estação de preparação do enxerto ajustável (Adaptado de Blackman, 2014) (167);



Figura 12 – Autoenxerto quádruplo do semitendinoso preparado através do GraftLink (Adaptado de Blackman, 2014) (167);

Esta técnica tem sido adaptada para todas as reconstruções epifisárias do LCA em pacientes com esqueleto ainda imaturo (168). Além disso, já foi descrita uma ligeira modificação utilizando uma porta anterolateral medial baixa para a inserção de um dispositivo para conduzir e apontar a broca retrógrada do lado femoral (169). O desenvolvimento de dispositivos para fixação em suspensão de segunda-geração (por exemplo o *ACL TightRope* e o *ACL TightRope-RT*, Arthrex®) foi fundamental para a evolução da corrente técnica de reconstrução do LCA com o GraftLink (167). Estes dispositivos têm ligações ao enxerto ajustáveis que puxam o enxerto para o túnel mesmo depois de o botão de fixação já estar fixado à cortical, maximizando o encaixe do enxerto no interior do túnel, o que permite tencionar o enxerto após a sua fixação (167).

Na tabela 4 podemos ver o resumo das principais vantagens desta técnica e, do mesmo modo, na tabela 5 temos as principais desvantagens.

Referências	Vantagens
Lubowitz, 2011 (166); Lopez-Vidriero, 2009 (170); Logan, 2012 (171)	✓ Posicionamento anatómico no <i>footprint</i> , sem restrições
Lopez-Vidriero, 2009 (170)	✓ Sem extravasamento do fluido
Lubowitz, 2011 (166); Lopez-Vidriero, 2009 (170)	✓ Sem necessidade de hiperflexão do joelho
Lopez-Vidriero, 2009 (170)	✓ Utilização de um enxerto menor



Lopez-Vidriero, 2009 (170); Logan, 2012 (171); Seo, 2013 (172)	✓ Melhor estética
Lawrence, 2010 (173)	✓ Permite realizar o procedimento em todas as epífises, mesmo em doentes com esqueleto imaturo
Lawrence, 2010 (173)	✓ Tecnicamente menos exigente
Lubowitz, 2011 (166); Logan, 2012 (171); Lawrence, 2010 (173)	✓ Comprimento do túnel adequado
Seo, 2013 (172)	✓ Pontuações mais altas no IKDC, relacionadas com a estabilidade
Seo, 2013 (172)	✓ Redução do dano da cortical posterior com a fixação do parafuso de interferência
Lubowitz, 2011 (166)	✓ Permite a medição da distância interóssea femoral antes da criação do túnel incompleto
Lubowitz, 2011 (166)	✓ Na segunda geração, com o botão de fixação, é possível ajustar a tensão do enxerto após a sua passagem

Tabela 4 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica all-inside;

Referências	Desvantagens
Seo, 2013 (172)	✗ Túnel horizontal cria ângulo agudo que pode aumentar o desgaste do enxerto
Lawrence, 2010 (173)	✗ Necessidade da utilização da fluoroscopia intraoperatória para perfuração epifisária
Lawrence, 2010 (173)	✗ Aumento do tempo cirúrgico e dos custos associados com a fluoroscopia

Tabela 5 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica all-inside;

### Inside-out

O conhecimento aprofundado da anatomia do ligamento cruzado anterior e, particularmente, dos locais anatómicos da sua fixação são cruciais para o sucesso da sua reconstrução cirúrgica. Como vimos anteriormente, está amplamente demonstrado que o posicionamento dos túneis do LCA determina a sua cinemática (174-177). A colocação errada do túnel femoral é um dos erros cirúrgicos mais comuns que pode levar a resultados menos satisfatórios. O túnel femoral pode ser perfurado de várias maneiras.

Através da técnica *inside-out*, o túnel femoral é executado a partir de dentro da articulação. Esta técnica dentro-fora, é realizada através do portal previamente realizado para se fazer o túnel tibial (técnica transtibial), ou através de um portal medial acessório (técnica com portal anteromedial acessório) (178) (179). A superioridade de qualquer uma das técnicas ainda não está comprovada e ainda é controversa.

Há cerca de uma década, a técnica mais popular para criação do túnel femoral era a técnica transtibial, quase universalmente utilizada pelos cirurgiões ortopédicos (180). Contudo, como a literatura mais recente se tem concentrado na inserção femoral “anatómica” da reconstrução do LCA (145,146), a popularidade da criação “independente” (AMP, OI ou AI) do túnel femoral tem aumentado uma vez que propõe uma acurácia melhor no posicionamento do túnel femoral.

## TRANSTIBIAL

A técnica transtibial popularizou-se nos anos 1990, e baseia-se em dois princípios: 1) o comportamento isométrico do enxerto ao longo de toda a amplitude de movimento do joelho e, 2) a prevenção de complicações pós-operatórias, especialmente o *impingement* do enxerto.

No entanto, esta técnica geralmente leva a enxertos muito verticais, pelo que não fornece ao joelho a estabilidade rotatória necessária. Estudos biomecânicos demonstraram que baixar o túnel femoral em direção ao *footprint* do feixe pósterio-lateral (PL) é mais eficaz a preservar essa propriedade (175,181,182). Assim, a reconstrução do LCA com incisão única tem vindo a evoluir ao longo dos últimos anos para a colocação do enxerto do lado femoral num ponto intermédio entre os feixes pósterio-lateral (PL) e anteromedial (AM). Uma vez que a colocação do enxerto no centro do local da inserção anatómica através da técnica transtibial nem sempre é facilmente executada (153,183), a perfuração do túnel femoral através do portal anteromedial tem vindo a aumentar progressivamente.

As vantagens desta técnica foram expostas em vários estudos e podem ser vistas na tabela 6:

Referências	Vantagens
Panni, 2001 (184); Gill, 2002 (185); Garofalo, 2006 (186); Mardani-Kivi, 2012 (187);	✓ Menor dor cirúrgica e menor morbidade
Gavriilidis, 2008 (150); Lopez-Vidriero, 2009 (170); Panni, 2001 (184); Gill, 2002 (185); Garofalo, 2006 (186); Mardani-Kivi, 2012 (187); Segawa, 2005 (188); Heming, 2007 (189)	✓ Melhor estética sem incisão lateral
Seo, 2013 (172); Garofalo, 2006 (186); Mardani-Kivi, 2012 (187); Koutras, 2013 (190);	✓ Menor tempo cirúrgico
Panni, 2001 (184); Zhang, 2012 (191)	✓ Túneis ósseos paralelos
Heming, 2007 (189)	✓ Capacidade de posicionar os túneis no <i>footprint</i> anatómico
Lubowitz, 2006 (140)	✓ Permite a conversão para a técnica “ <i>all-inside</i> ” através da broca retrógrada, eliminando a divergência do parafuso
Lubowitz, 2006 (140)	✓ Aumento da tensão do enxerto aquando a utilização do túnel retrógrado
Lubowitz, 2006 (140); Gavriilidis, 2008 (150); Lopez-Vidriero, 2009 (170); Koutras, 2013 (190); George, 2012 (192); Franceschi, 2012 (193)	✓ Técnica cirúrgica familiar e menos exigente
Alentorn-Geli, 2010 (194)	✓ Melhor nível de atividade no follow-up a médio e longo prazo quando comparado com o AMP
Mardani-Kivi, 2012 (187)	✓ Sem alterações da ROM a longo termo quando comparado com o AMP
Rahr-Wagner, 2015 (195)	✓ Menor risco de revisão cirúrgica
Franceschi, 2012 (193)	✓ Escalas de Lysholm e IKDC comparáveis com a técnica AMP
Seo, 2013 (172)	✓ Túneis no ponto isométrico ótimo
Seo, 2013 (172)	✓ Bons resultados a longo prazo no teste de Lachman e na translação anterior da tibia

Tabela 6 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica transtibial; AMP – portal anteromedial acessório;

Já as desvantagens desta técnica estão resumidas na tabela 7:

Referências	Desvantagens
<i>Lopez-Vidriero, 2009 (170); Panni, 2001 (184); Garofalo, 2006 (186)</i>	✘ Interferência e divergência parafuso-osso
<i>Panni, 2001 (184)</i>	✘ Lesão do enxerto aquando a fixação
<i>Gavriilidis, 2008 (150); Logan, 2012 (171); Seo, 2013 (172); Panni, 2001 (184); Garofalo, 2006 (186); Mardani-Kivi, 2012 (187); Segawa, 2005 (188); Zhang, 2012 (191); Lubowitz, 2006 (196); Brown, 2013 (197)</i>	✘ Túnel vertical, podendo originar instabilidade rotacional
<i>Panni, 2001 (184); Garofalo, 2006 (186); Lubowitz, 2006 (196)</i>	✘ Incompatibilidade do comprimento do túnel e enxerto
<i>Panni, 2001 (184)</i>	✘ Buraco elíptico na parede lateral do túnel vertical
<i>Lopez-Vidriero, 2009 (170); Logan, 2012 (171); Garofalo, 2006 (186); Mardani-Kivi, 2012 (187); Segawa, 2005 (188); Heming, 2007 (189); Harner, 2008 (198)</i>	✘ Incapacidade de posicionar livremente o túnel femoral
<i>Segawa, 2005 (188)</i>	✘ Alargamento do túnel ósseo
<i>Garofalo, 2006 (186)</i>	✘ Potencial lesão da parede cortical posterior
<i>Garofalo, 2006 (186)</i>	✘ Potencial “impingement” do LCP
<i>Gavriilidis, 2008 (150); Heming, 2007 (189); Zhang, 2012 (191)</i>	✘ Túnel femoral anatómico compromete túnel tibial
<i>Lopez-Vidriero, 2009 (170)</i>	✘ Perda de líquido através do túnel tibial
<i>Alentorn-Geli, 2010 (194)</i>	✘ Maior taxa de osteoartrose a longo-prazo quando comparado com AMP
<i>Franceschi, 2012 (193)</i>	✘ Plastia do resquício para visualizar o “footprint” femoral
<i>Seo, 2013 (172)</i>	✘ Deslizamento do enxerto
<i>Wang, 2013 (199)</i>	✘ Aumento do stress no enxerto
<i>Wang, 2013 (199)</i>	✘ Excessiva rotação femoral externa (tibial interna) na posição intermédia;
<i>Wang, 2013 (199)</i>	✘ Maior translação anterior do fémur na fase do balanço

Tabela 7 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica transtibial; AMP – portal anteromedial acessório;

### PORTAL ANTEROMEDIAL ACESSÓRIO (AMP)

Tal como está descrito anteriormente, a perfuração do túnel femoral através do portal anteromedial tem vindo a popularizar-se progressivamente. Yau *et al*, encontrou no seu estudo que a utilização da técnica com PAM um posicionamento melhorado de ambos os túneis, femoral e tibial, quando comparado com a técnica transtibial (200). Mandal *et al*, também chegaram à conclusão que os doentes operados com esta técnica obtinham melhor pontuação clínica do joelho, menor instabilidade ântero-posterior (AP) e uma recuperação mais rápida (201).

Chechick *et al*, observaram que, no mundo, 68% dos cirurgiões ortopédicos preferem a técnica com portal anteromedial acessório, enquanto 31% preferem a técnica transtibial e apenas 1% prefere o método aberto para a perfuração do túnel femoral (202).

Deste modo, esta técnica, com a utilização do portal anteromedial acessório parece ser um método preferido sobre a técnica transtibial, uma vez que proporciona um melhor posicionamento do túnel femoral e uma boa estabilidade ântero-posterior, bem como a estabilidade rotacional.

Assim, e para melhor visualização e comparação, nas tabelas seguintes podemos rever as principais vantagens (tabela 8) e desvantagens (tabela 9) da técnica *inside-out* com a utilização do portal anteromedial acessório.

Referências	Vantagens
Mardani-Kivi, 2012 (187); George, 2012 (192); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Cha, 2005 (203); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205);	✓ Colocação independente do túnel femoral e túnel tibial
Mardani-Kivi, 2012 (187); Koutras, 2013 (190); Alentorn-Geli, 2010 (194); Rahr-Wagner, 2015 (195); Brown, 2013 (197); Harner, 2008 (198); Yau, 2013 (200); Cha, 2005 (203); Nakamura, 2009 (206);	✓ Posicionamento anatómico e horizontal mais preciso da inserção femoral do LCA
Alentorn-Geli, 2010 (194); Harner, 2008 (198); Cha, 2005 (203); Tudisco, 2012 (205);	✓ Preservação das fibras remanescentes do LCA para permitir a adição
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Harner, 2008 (198); Cha, 2005 (203); Tudisco, 2012 (205);	✓ Colocação do túnel independente do tipo de enxerto, dispositivo de fixação ou guia
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Mardani-Kivi, 2012 (187); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Harner, 2008 (198); (187); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205);	✓ Flexibilidade para realização com enxerto simples ou duplo na reconstrução primária ou de revisão
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Mardani-Kivi, 2012 (187); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Harner, 2008 (198); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205)	✓ Permite colocar em paralelo parafusos de interferência
Zhang, 2012 (191); Harner, 2008 (198); Tudisco, 2012 (205)	✓ Menor alargamento do túnel
Lubowitz, 2009 (204)	✓ Permite realização dos procedimentos all-inside
Zhang, 2012 (191); Alentorn-Geli, 2010 (194);	✓ Perfuração em hiperflexão para reduzir atingimento da parede posterior
Alentorn-Geli, 2010 (194)	✓ Retorno mais precoce à corrida e melhor ROM a 1-2 anos de follow-up
Alentorn-Geli, 2010 (194)	✓ Melhor estabilidade ântero-posterior avaliada por Lachman e KT-1000, testes a 1-2 anos
George, 2012 (192)	✓ Permite posicionamento em posição-em-4, não necessitando de assistente ou hiperflexão
Mardani-Kivi, 2012 (187)	✓ Retorno mais rápido à atividade quando comparado com a TT
Mardani-Kivi, 2012 (187)	✓ Melhores ROM do joelho a curto prazo
Seo, 2013 (172); Franceschi, 2012 (193); Mandal, 2012 (201)	✓ Melhor estabilidade AP e rotacional
Franceschi, 2012 (193)	✓ Melhor probabilidade de retorno à atividade física desportiva pré-operatória
Franceschi, 2012 (193)	✓ Visualização do <i>footprint</i> nativo sem necessidade de plastia do remanescente
Koutras, 2013 (190)	✓ Melhores níveis funcionais aos 3 meses (escala Lysholm) quando comparado com TT
Koutras, 2013 (190)	✓ Melhores pontuações nos testes funcionais laterais cronometrados (salto lateral e carioca), em comparação com TT nos primeiros 6 meses

Wang, 2013 (199)	✓ Restaura a translação ântero-posterior do joelho durante a fase do balanço assim como na rotação externa do fémur na posição intermédia
Brown, 2013 (197)	✓ Melhor visualização durante a perfuração sem perda de distensão da articulação por extravasamento de fluídos pelo túnel tibial

Tabela 8 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica com AMP( portal anteromedial acessório);

Referências	Desvantagens
Gavriilidis, 2008 (150); Logan, 2012 (171); George, 2012 (192); Brown, 2013 (197); Tudisco, 2012 (205); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Tecnicamente exigente
Gavriilidis, 2008 (150)	✗ Visibilidade limitada e angulação excessiva no plano sagital que pode levar ao alargamento do túnel por erosão
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Logan, 2012 (171); Seo, 2013 (172); Koutras, 2013 (190); Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205); Nakamura, 2009 (206); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Túneis curtos e biocorticais podem limitar as opções de fixação
Seo, 2013 (172); Mardani-Kivi, 2012 (187); Koutras, 2013 (190); Alentorn-Geli, 2010 (194); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205); Nakamura, 2009 (206); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Possível destruição da parede posterior e lesão da cartilagem articular posterior
Logan, 2012 (171); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205); Nakamura, 2009 (206); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Saída distal/inferior do fio guia pode lesar o nervo peroneal comum
Lubowitz, 2009 (204); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Dificuldade de utilização da câmara endoscópica sentado
Lubowitz, 2009 (204)	✗ Incapacidade de manter a câmara no joelho em hiperflexão
Lubowitz, 2009 (204)	✗ Portal reduzido com joelho em hiperextensão
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Zhang, 2012 (191); Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Lesão iatrogénica da cartilagem do côndilo medial do fémur
Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204)	✗ Dificuldade em passar o alargador
Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204)	✗ Dificuldade em visualizar o alargador e a sua profundidade
Lopez-Vidriero, 2009 (170); Mardani-Kivi, 2012 (187); Zhang, 2012 (191); Alentorn-Geli, 2010 (194); Brown, 2013 (197); Lubowitz, 2009 (204); Tudisco, 2012 (205); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Dificuldade em visualizar com joelho em hiperflexão
Mardani-Kivi, 2012 (187); Lubowitz, 2009 (204); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Desafios com o dispositivo para fixação/passagem do enxerto
Lopez-Vidriero, 2009 (170)	✗ Colocação do portal baixo pode lesar o corno anterior do menisco medial
Alentorn-Geli, 2010 (194)	✗ Várias técnicas de fixação requerem os instrumentos de orientação desenhados para a inserção TT
Koutras, 2013 (190); Alentorn-Geli, 2010 (194); Rahr-Wagner, 2013 (207)	✗ Taxas mais elevadas de falha do enxerto e risco de revisão quando comparado com TT
George, 2012 (192)	✗ A hiperflexão requer um assistente para estabilizar o joelho
Mardani-Kivi, 2012 (187)	✗ Quebra do guia femoral

<i>Seo, 2013 (172)</i>	✘ Falta de estudos de acompanhamento intercalar ou a longo prazo para provar benefício
<i>Logan, 2012 (171)</i>	✘ Visualização portal lateral pode induzir à fixação anterior do enxerto
<i>Wang, 2013 (199)</i>	✘ Associado a perda da extensão durante a fase tardia do apoio
<i>Brown, 2013 (197)</i>	✘ Hiperflexão inalcançável na população obesa
<i>Tudisco, 2012 (205)</i>	✘ Angulação sagital excessiva

Tabela 9 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com a técnica com AMP (portal anteromedial acessório);

### Outside-in

Recentemente, a técnica com portal anteromedial acessório ou a técnica *outside-in* têm sido recomendadas vis-à-vis a técnica transtibial pelo melhor posicionamento anatómico do túnel femoral (208-210). Apesar disso, a variabilidade no posicionamento dos túneis das duas técnicas não é sabido (211). Vários estudos demonstram que as duas técnicas podem gerar posicionamentos dos túneis horizontais e anatómicos, no entanto, demonstram também uma grande variabilidade (cerca de 40%) na profundidade e dimensão do túnel femoral (209,211,212). Provavelmente estas técnicas não proporcionam uma posição do túnel femoral constante, e isso, poderá estar inerente à dificuldade de visualização artroscópica e diferentes ângulos de flexão para a colocação do túnel femoral (211).

A técnica *outside-in* parece ser mais segura para todas as estruturas anatómicas da face lateral do joelho (184). Neste caso, como a face lateral do joelho é aberta e dissecada, o cirurgião pode obviamente escolher o ponto de entrada do fio guia na cortical lateral do fémur distal. Além disso, evita-se o risco de lesão das estruturas mediais do joelho, tais como a cartilagem do côndilo femoral médio e o menisco medial. Assim, esta técnica pode ser considerada a mais segura para as estruturas anatómicas da face lateral e medial da articulação. A morbidade associada à incisão lateral adicional não contribui para uma maior utilização desta técnica.

Nas tabelas 10 e 11 podemos ver um resumo das vantagens (tabela 10) e desvantagens (tabela 11) da técnica *outside-in*.

Referências	Vantagens
<i>Panni, 2001 (184)</i>	✓ Menor risco de divergência dos túneis ósseos
<i>Gill, 2002 (185); Sim, 2015 (211); Lubowitz, 2010 (213)</i>	✓ Colocação previsível e anatómica (ou quase) do túnel femoral
<i>Gill, 2002 (185)</i>	✓ Eliminação da incompatibilidade do enxerto
<i>Gill, 2002 (185); Nakayama, 2014 (214)</i>	✓ Prevenção do dano da parede posterior
<i>Gill, 2002 (185)</i>	✓ Facilidade dos procedimentos para revisão cirúrgica do LCA
<i>Segawa, 2005 (188)</i>	✓ Distribuição uniforme da pressão de contacto sobre a porção anterior e lateral do túnel femoral
<i>Segawa, 2005 (188)</i>	✓ Menor absorção óssea na interface osso-enxerto
<i>Garofalo, 2006 (186)</i>	✓ Colocação posterior do enxerto e do túnel femoral horizontal, devolvendo a cinemática natural do joelho

Tabela 10 – Principais vantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica *outside-in*;

Referências	Desvantagens
Panni, 2001 (184); Gill, 2002 (185); Segawa, 2005 (188); George, 2012 (192)	✘ Maior morbidade cirúrgica com a incisão lateral
Panni, 2001 (184)	✘ Maior atrito do enxerto nas paredes intra-articulares do túnel
Gill, 2002 (185)	✘ Mais tempo cirúrgico, custos mais elevados, maior tempo de internamento
Segawa, 2005 (188)	✘ Pior estética

Tabela 11 – Principais desvantagens da reconstrução cirúrgica do LCA com técnica *outside-in*;

## DISCUSSÃO

O conteúdo desta revisão bibliográfica, vai bastante além do proposto. Com isto, tentou-se fazer uma abordagem sistematizada dos principais estádios envolvidos no processo, que vai desde a lesão do ligamento cruzado anterior até à problemática da sua reconstrução cirúrgica, apresentando os vários passos um por um e expondo as principais divergências e consensos publicados até então.

A reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior tem evoluído muito ao longo das últimas décadas. A reconstrução precoce deve ser seguida de uma reabilitação acelerada, e a reconstrução tardia está associada a piores resultados. O enxerto autógeno é o enxerto que oferece melhor resultados.

Relativamente ao tema, nomeadamente à comparação clínica e funcional da reconstrução cirúrgica do LCA pelas diferentes técnicas, as revisões sistemáticas da literatura que foram expostas, deixam bem explícito que há quatro técnicas universalmente aceites para a reconstrução do LCA: 1) *all-inside*, 2) *inside-out* transtibial, 3) *inside-out* com portal anteromedial acessório e 4) *outside-in*, e que cada uma delas tem as suas vantagens e desvantagens. Como nós sabemos, a escolha de uma das técnicas envolve muito mais do que os estudos publicados, esta é baseada em diversos fatores que vão desde a experiência do cirurgião, equipamento disponível, os custos envolvidos, a eficiência, idade do paciente, maturidade do esqueleto do doente, hábitos pessoais e níveis de atividade física do doente, a escolha do enxerto até à estética.

Recentemente, têm havido diversas tentativas para se otimizar o posicionamento dos túneis no lado lateral do côndilo femoral durante a reconstrução cirúrgica do LCA (205), assim como para otimizar também a recriação anatómica do *footprint* femoral do ligamento cruzado anterior (215,216). Robin e Lubowitz (217) fizeram em 2014 uma revisão das vantagens e desvantagens da técnica transtibial, contudo, as restantes técnicas não foram consideradas.

Alguns autores teorizam que o posicionamento anatómico do túnel femoral resultará num melhor resultado funcional (145,146). No entanto, não há evidência científica que comprove que restaurando a anatomia normal levará a melhores resultados clínicos (180). Outros autores argumentam que o posicionamento do túnel em local não anatómico pode levar a excelentes resultados (150,170,172,184-193,196,207).

O estudo ideal para determinar a melhor técnica cirúrgica para a reconstrução cirúrgica do LCA deverá ser difícil de desenhar. O melhor método deverá envolver: 1) um estudo randomizado controlado com vários cirurgiões competentes em todas as técnicas utilizadas para a reconstrução cirúrgica do LCA; 2) doentes dispostos a ser distribuídos aleatoriamente pelas técnicas aceites; 3) um follow-up longo; 4) múltiplas variáveis para aferição dos resultados (por exemplo, o teste Lachman e teste pivot shift, várias escalas validadas, tempo e nível até retorno à atividade pré-lesão, taxas de insucesso, verificação de alterações degenerativas, etc.). Os custos e a logística envolvida de tal estudo seria muito elevado para ser exequível. A maior limitação desta revisão é o nível de evidência da literatura disponível. Os estudos não foram excluídos ou ponderados pelo seu desenho. Deve-se levar em conta que os diversos estudos incluídos para análise têm variados desenhos, medicação de resultados diferentes e viés (210).

## CONCLUSÃO

Não há, até ao momento, uma única técnica cirúrgica reconhecida como técnica padrão-ouro para a criação do túnel femoral e por isso para a reconstrução cirúrgica do ligamento cruzado anterior. Nenhuma mostrou cientificamente ser superior às outras. Assim, existem quatro técnicas mundialmente aceites que apresentam diversas e subjetivas vantagens e desvantagens, assim como, riscos e benefícios. Deste modo, a escolha deve recair sobre o cirurgião e o doente, sendo, portanto, individualizada.



## BIBLIOGRAFIA

1. Fu FH, Cohen SB. Current concepts in ACL reconstruction. 2008.
2. Walsh WR. Repair and Regeneration of Ligaments, Tendons, and Joint Capsule. Orthopedic Biology and Medicine. 2006.
3. Sanchis-Alfonso V, Monllau JC. The ACL-deficient knee: A problem solving approach. 2012.
4. Hippocrates, of Ephesus H. Hippocrates. Loeb Classical Library; 1928. 1 p.
5. Furley DJ, Wilkie JS. Galen. Princeton University Press; 2014. 1 p.
6. Schindler OS. Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag; 2012;20(1):5–47.
7. Pässler HH. The history of the cruciate ligaments: some forgotten (or unknown) facts from Europe. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1993;1(1):13–6.
8. Fu FH, Karlsson J. A long journey to be anatomic. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010 Sep;18(9):1151–3.
9. Todd RB. The Cyclopædia of Anatomy and Physiology Volume 3. Rarebooksclub.com; 2013. 1 p.
10. Bonnet A. Traité de thérapeutique des maladies articulaires. 1853.
11. Segond P. Recherches cliniques et expérimentales sur les épanchements sanguins du genou par entorse. 1879.
12. Schindler OS. The story of anterior cruciate ligament reconstruction - part 1. The Association for Perioperative Practice; 2012.
13. Robson AW. VI. Ruptured Crucial Ligaments and their Repair by Operation. Annals of Surgery. Lippincott, Williams, and Wilkins; 1903 May;37(5):716–8.
14. Reiman PR, Jackson DW. Anatomy of the anterior cruciate ligament. The anterior cruciate deficient knee. Mosby; 1987.
15. W P, B T. [Anatomy and function of the anterior cruciate ligament]. Orthopade. 2002 Aug 1;31(8):710–8.
16. Noronha J. Isometria na reconstrução do ligamento cruzado anterior. 1999.
17. Zantop T, Petersen W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Operative Techniques in Orthopaedics. 2005 Jan;15(1):20–8.
18. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag; 2006;14(3):204–13.
19. Buoncristiani AM, Tjoumakaris FP, Starman JS, Ferretti M, Fu FH. Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Arthroscopy. Elsevier; 2006 Sep

- 1;22(9):1000–6.
20. McDermott LJ. Development of the human knee joint. *Archives of Surgery*. American Medical Association; 1943 May;46(5):705–19.
  21. Gray DJ, Gardner E. Prenatal development of the human knee and superior tibiofibular joints. *American Journal of Anatomy*. Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company; 1950 Mar 1;86(2):235–87.
  22. Arnoczky SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1983 Jan;(172):19–25.
  23. Harvey A, Thomas NP, Amis AA. Fixation of the graft in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Bone & Joint Journal*. Bone and Joint Journal; 2005 May 1;87-B(5):593–603.
  24. Beasley LS, Weiland DE, Vidal AF, Chhabra A, Herzka AS, Feng MT, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction: A literature review of the anatomy, biomechanics, surgical considerations, and clinical outcomes. *Operative Techniques in Orthopaedics*. Elsevier; 2005 Jan;15(1):5–19.
  25. WELSH RP. Knee Joint Structure and Function. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1980;147:7.
  26. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. The American Orthopedic Association; 1985 Feb;67(2):257–62.
  27. Girgis FG, Marshall JL, MONA JEM ARSA. The Cruciate Ligaments of the Knee Joint. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1975 Jan;106:216–31.
  28. Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med*. 1979 Jan;7(1):23–6.
  29. Chambat P. Le ligament croisé antérieur. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Conférences ...*; 1985.
  30. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1982 Nov;10(6):329–35.
  31. Girgis FG, Marshall JL, MONA JEM ARSA. The Cruciate Ligaments of the Knee Joint: Anatomical. Functional and Experimental Analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1975;106:216.
  32. Markatos K, Kaseta MK, Lалlos SN, Korres DS, Efstathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. Springer Paris; 2013 Oct;23(7):747–52.
  33. Fernandes MMR. Medida da Deformação do Ligamento Cruzado Anterior. 2013.
  34. Liu X, Zhang S, Xu XJ, Zhang Z, Zhou L, Zhang G. Study on the creep and recovery behaviors of UHMWPE/CNTs composite fiber. *Fibers Polym*. Faculty of Engineering; 2013 Nov 8;14(10):1635–40.
  35. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT. Neural anatomy of the human anterior

- cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am. The American Orthopedic Association*; 1987 Feb;69(2):243–7.
36. Lam M-H, Fong DT, Yung PS, Ho EP, Chan W-Y, Chan K-M. Knee stability assessment on anterior cruciate ligament injury: Clinical and biomechanical approaches. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 2009 1:1. *BioMed Central*; 2009 Aug 27;1(1):1.
  37. Junqueira LCU, Carneiro J. *Histologia básica*. 2008. 1 p.
  38. Serra LMA. *Crítérios fundamentais em fracturas e ortopedia*. 2001. 1 p.
  39. Bicer EK, Lustig S, Servien E, Selmi TAS, Neyret P. Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010 Aug;18(8):1075–84.
  40. Woo S, Maynard J, Butler D. *Ligament, tendon, and joint capsule insertions to bone. ... and repair of ...*; 1988.
  41. COOPER RR, MISOL S. Tendon and ligament insertion. A light and electron microscopic study. *J Bone Joint Surg Am. The American Orthopedic Association*; 1970 Jan;52(1):1–20.
  42. Fanelli GC. *The Multiple Ligament Injured Knee*. Fanelli GC, editor. New York, NY: Springer Science & Business Media; 2013. 1 p.
  43. Arnoczky SP. Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. *Orthop Clin North Am*. 1985 Jan;16(1):15–28.
  44. Scapinelli R. Studies on the vasculature of the human knee joint. *Acta Anat (Basel)*. 1968;70(3):305–31.
  45. Bousquet G. *Les Ruptures traumatiques des ligaments croisés du genou*. 1969. 1 p.
  46. Marinozzi G, Ferrante F, Gaudio E, Ricci A, Amenta F. Intrinsic Innervation of the Rat Knee Joint Articular Capsule and Ligaments. *Acta Anat (Basel)*. Karger Publishers; 1991;141(1):8–14.
  47. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am*. 1984 Sep;66(7):1072–6.
  48. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi V, Pappa S, Papageorgiou CO, et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Springer-Verlag; 2001;9(6):364–8.
  49. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. Taylor & Francis; 2009 Jul 8;73(3):330–4.
  50. Noronha J. *Ligamento cruzado anterior*. 2000.
  51. McGinty G, Irrgang JJ, Pezzullo D. Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2000 Mar;15(3):160–6.
  52. KAPANDJI AI. *FISIOLOGIA ARTICULAR*. 1 p.

53. Stevens KJ, Dragoo JL. Anterior Cruciate Ligament Tears and Associated Injuries. *Topics in Magnetic Resonance Imaging*. 2006 Oct 1;17(5):347–62.
54. Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2005 Oct;33(10):1579–602.
55. Amis AA, Dawkins G. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Proceedings of the fourth Congress of the European ...*; 1990.
56. Chhabra A, Starman JS, Ferretti M, Vidal AF, Zantop T, Fu FH. Anatomic, radiographic, biomechanical, and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles. *J Bone Joint Surg Am*. The American Orthopaedic Association; 2006 Dec;88 Suppl 4(suppl\_4):2–10.
57. Logerstedt DS, Snyder-Mackler L, Ritter RC, Axe MJ, Godges JJ, Orthopaedic Section of the American Physical Therapist Association. Knee stability and movement coordination impairments: knee ligament sprain. Vol. 40, *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540; 2010. pp. A1–A37.
58. Magnussen RA, Granan L-P, Dunn WR, Amendola A, Andrish JT, Brophy R, et al. Cross-cultural comparison of patients undergoing ACL reconstruction in the United States and Norway. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Springer-Verlag; 2009 Sep 26;18(1):98–105.
59. Lobb R, Tumilty S, Claydon LS. A review of systematic reviews on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *Physical Therapy in Sport*. Elsevier; 2012 Nov;13(4):270–8.
60. Murray JRD, Lindh AM, Hogan NA, Trezies AJ, Hutchinson JW, Parish E, et al. Does anterior cruciate ligament reconstruction lead to degenerative disease?: Thirteen-year results after bone-patellar tendon-bone autograft. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2012 Feb;40(2):404–13.
61. Mangine RE, Minning SJ, Eifert-Mangine M, Colosimo AJ, Donlin M. Management of the Patient with an ACL/MCL Injured Knee. *North American Journal of Sports Physical Therapy : NAJSPT*. The Sports Physical Therapy Section of the American Physical Therapy Association; 2008 Nov;3(4):204–11.
62. Karmani S, Ember T. The anterior cruciate ligament—II. *Current Orthopaedics*. Elsevier; 2004 Feb;18(1):49–57.
63. Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician*. 2010 Oct 15;82(8):917–22.
64. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2006 Feb;34(2):299–311.
65. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. NIH Public Access; 2010 Sep;18(9):520–7.
66. Cerulli G, Benoit DL, Lamontagne M, Caraffa A, Liti A. In vivo anterior cruciate ligament

- strain behaviour during a rapid deceleration movement: case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003 Sep;11(5):307–11.
67. Vaishya R, Hasija R. Joint hypermobility and anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2013 Aug;21(2):182–4.
68. Shultz SJ, Schmitz RJ, Nguyen A-D, Chaudhari AM, Padua DA, McLean SG, et al. ACL Research Retreat V: An Update on ACL Injury Risk and Prevention, March 25–27, 2010, Greensboro, NC. *J Athl Train.* The National Athletic Trainers' Association, Inc. c/o Hughston Sports Medicine Foundation 6262 Veterans Parkway, Columbus, GA 31908; 2012 Dec 31;45(5):499–508.
69. Evans S, Shaginaw J, Bartolozzi A. Acl reconstruction - it's all about timing. *Int J Sports Phys Ther.* The Sports Physical Therapy Section of the American Physical Therapy Association; 2014 Apr;9(2):268–73.
70. Piasecki DP, Spindler KP, Warren TA, Andrish JT, Parker RD. Intraarticular injuries associated with anterior cruciate ligament tear: findings at ligament reconstruction in high school and recreational athletes. An analysis of sex-based differences. *Am J Sports Med.* 2003 Jul;31(4):601–5.
71. Spindler KP, Wright RW. Clinical practice. Anterior cruciate ligament tear. *N Engl J Med.* Massachusetts Medical Society; 2008 Nov 13;359(20):2135–42.
72. Goldstein J, Bosco JA. The ACL-deficient knee: natural history and treatment options. *Bull Hosp Jt Dis.* 2001;60(3-4):173–8.
73. Kakarlapudi TK, Bickerstaff DR. Knee instability: isolated and complex. *Br J Sports Med.* BMJ Group; 2000 Oct;34(5):395–400.
74. Browne K, Kurtz CA. How to perform a comprehensive examination of the knee. *JAAPA.* 2009 Jun;22(6):20–5.
75. Solomon DH, Simel DL, Bates DW, Katz JN, Schaffer JL. The rational clinical examination. Does this patient have a torn meniscus or ligament of the knee? Value of the physical examination. *JAMA.* 2001 Oct 3;286(13):1610–20.
76. Neyret P, Blay GL, Selmi T. Examination of the knee joint. *Maîtrise orthopédique;* 1996.
77. Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical Diagnosis of an Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* JOSPT, Inc. JOSPT, 1033 North Fairfax Street, Suite 304, Alexandria, VA 22134-1540; 2006 May 1;36(5):267–88.
78. Liorzou G. Knee ligaments. 1991. 1 p.
79. Galway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1980 Mar;(147):45–50.
80. Lane CG, Warren R, Pearle AD. The pivot shift. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons.* 2008 Dec;16(12):679–88.
81. Bining J, Andrews G, Forster BB. The ABCs of the anterior cruciate ligament: a primer for magnetic resonance imaging assessment of the normal, injured and surgically repaired

- anterior cruciate ligament. *Br J Sports Med.* BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2009 Oct;43(11):856–62.
82. McCauley TR, Moses M, Kier R, Lynch JK, Barton JW, Jokl P. MR diagnosis of tears of anterior cruciate ligament of the knee: importance of ancillary findings. *AJR Am J Roentgenol.* American Public Health Association; 1994 Jan;162(1):115–9.
  83. Tung GA, Davis LM, Wiggins ME, Fadale PD. Tears of the anterior cruciate ligament: primary and secondary signs at MR imaging. *Radiology.* 1993 Sep;188(3):661–7.
  84. Brandser EA, Riley MA, Berbaum KS, el-Khoury GY, Bennett DL. MR imaging of anterior cruciate ligament injury: independent value of primary and secondary signs. *AJR Am J Roentgenol.* American Public Health Association; 1996 Jul;167(1):121–6.
  85. Prince JS, Laor T, Bean JA. MRI of anterior cruciate ligament injuries and associated findings in the pediatric knee: changes with skeletal maturation. *AJR Am J Roentgenol.* American Roentgen Ray Society; 2005 Sep;185(3):756–62.
  86. Stolarczyk A, Kalińska J, Nagraba Ł, Mitek T, Kołodziejcki P. Management of anterior cruciate ligament injuries. *Artroskopia i Chirurgia Stawów.* 1(3):18–29.
  87. De Smet AA, Graf BK. Meniscal tears missed on MR imaging: relationship to meniscal tear patterns and anterior cruciate ligament tears. *AJR Am J Roentgenol.* American Public Health Association; 1994 Apr;162(4):905–11.
  88. Hunter RE, SGAGLIONE NA. *O Joelho.* Elsevier Brasil; 2012. 1 p.
  89. Koon D, Bassett F. Anterior cruciate ligament rupture. *Southern Medical Journal.* Southern Medical Association; 2004 Aug 1;97(8):755–7.
  90. Patrick Vavken MMM. The potential for primary repair of the ACL. *Sports Medicine and Arthroscopy Review.* NIH Public Access; 2011 Mar 1;19(1):44–9.
  91. Kuhn MA, Ross G. Allografts in the Treatment of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Sports Medicine and Arthroscopy Review.* 2007 Sep 1;15(3):133–8.
  92. Giaconi JC, Allen CR, Steinbach LS. Anterior Cruciate Ligament Graft Reconstruction: Clinical, Technical, and Imaging Overview. *Topics in Magnetic Resonance Imaging.* 2009 Jun 1;20(3):129–50.
  93. Farshad M, Gerber C, Meyer DC, Schwab A, Blank PR, Szucs T. Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis. *BMC Health Services Research* 2011 11:1. *BioMed Central;* 2011 Nov 19;11(1):1.
  94. Delincé P, Ghafil D. Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Springer-Verlag; 2012;20(1):48–61.
  95. Mayr R, Rosenberger R, Agraharam D, Smekal V, Attal El R. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: an update. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012 Sep;132(9):1299–313.
  96. Wittenberg RH, Oxford HU, Plafki C. A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched pair analysis. *Int Orthop.*

- Springer; 1998;22(3):145–8.
97. Mayr HO, Weig TG, Plitz W. Arthrofibrosis following ACL reconstruction—reasons and outcome. *Arch Orthop Trauma Surg*. Springer-Verlag; 2004;124(8):518–22.
  98. DeCarlo KDSJHWAMM. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1991 Jul 1;19(4):332–6.
  99. Almekinders LC, Moore T, Freedman D, Taft TN. Post-operative problems following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Springer-Verlag; 1995;3(2):78–82.
  100. JM P, G S, F S, M F, FJ S. [Complications in 283 cruciate ligament replacement operations with free patellar tendon transplantation. Modification by surgical technique and surgery timing]. *Unfallchirurgie*. 1995 Oct 1;21(5):240–6.
  101. Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine; 2009 May;43(5):371–6.
  102. Smith TO, Davies L, Hing CB. Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Springer-Verlag; 2010;18(3):304–11.
  103. Church S, Keating JF. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Bone & Joint Journal*. *Bone and Joint Journal*; 2005 Dec 1;87-B(12):1639–42.
  104. Kennedy J, Jackson MP, O'Kelly P, Moran R. Timing of reconstruction of the anterior cruciate ligament in athletes and the incidence of secondary pathology within the knee. *Bone & Joint Journal*. *Bone and Joint Journal*; 2010 Mar 1;92-B(3):362–6.
  105. Razi M, Salehi S, Dadgostar H, Cherati AS, Moghaddam AB, Tabatabaiaand SM, et al. Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Incidence of Meniscal and Chondral Injury within the Knee. *International Journal of Preventive Medicine*. Medknow Publications; 2013 Apr;4(Suppl 1):S98–S103.
  106. Granan L-P, Bahr R, Lie SA, Engebretsen L. Timing of anterior cruciate ligament reconstructive surgery and risk of cartilage lesions and meniscal tears: a cohort study based on the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2009 May;37(5):955–61.
  107. Vaishya R, Agarwal AK, Ingole S, Vijay V. Current Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Review. *Cureus*. 2015;7(11):e378.
  108. Fanelli GC, Orcutt DR, Edson CJ. The multiple-ligament injured knee: Evaluation, treatment, and results. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2005 Apr;21(4):471–86.
  109. Groves E. OPERATION FOR THE REPAIR OF THE CRUCIAL LIGAMENTS. *The Lancet*; 1917.
  110. Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic

- Society for Sports Medicine; 2003 Jul;31(4):564–73.
111. Prodromos CC, Han YS, Keller BL, Bolyard RJ. Stability results of hamstring anterior cruciate ligament reconstruction at 2- to 8-year follow-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2005 Feb;21(2):138–46.
  112. Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Bone-Patellar Tendon-Bone Compared with Double Semitendinosus and Gracilis Tendon Grafts. *J Bone Joint Surg Am. The American Orthopedic Association*; 2004 Oct 1;86(10):2143–55.
  113. Lee S, Seong SC, Jo H, Park YK, Lee MC. Outcome of anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon autograft. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2004 Oct;20(8):795–802.
  114. Bartlett RJ, Clatworthy MG, Nguyen TN. Graft selection in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br*. 2001.
  115. Bach BR, Aadalen KJ, Dennis MG, Carreira DS, Bojchuk J, Hayden JK, et al. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using fresh-frozen, nonirradiated patellar tendon allograft: minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2005 Feb;33(2):284–92.
  116. Siebold R, Buelow JU, Bös L, Ellermann A. Primary ACL reconstruction with fresh-frozen patellar versus Achilles tendon allografts. *Arch Orthop Trauma Surg. Springer-Verlag*; 2003;123(4):180–5.
  117. Nyland J, Caborn DNM, Rothbauer J, Kocabey Y, Couch J. Two-year outcomes following ACL reconstruction with allograft tibialis anterior tendons: a retrospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag*; 2003;11(4):212–8.
  118. Shaerf DA, Pastides PS, Sarraf KM, Willis-Owen CA. Anterior cruciate ligament reconstruction best practice: a review of graft choice. *World J Orthop*. 2014.
  119. Bonasia DE, Amendola A. Graft choice in ACL reconstruction. In: *The Knee Joint*. Paris: Springer Paris; 2012. pp. 173–81.
  120. Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006 Oct;14(10):982–92.
  121. Deehan DJ, Salmon LJ, Webb VJ, Davies A, Pinczewski LA. Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with an ipsilateral patellar tendon autograft. A prospective longitudinal five-year study. *J Bone Joint Surg Br. Bone and Joint Journal*; 2000 Sep;82(7):984–91.
  122. Järvelä T, Nyyssönen M, Kannus P, Paakkala T, Järvinen M. Bone-patellar tendon-bone reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Int Orthop. Springer-Verlag*; 1999;23(4):227–31.
  123. Jomha NM, Pinczewski LA, Clingeleffer A, Otto DD. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with patellar-tendon autograft and interference screw fixation. The results at seven years. *J Bone Joint Surg Br. British Editorial Society of Bone and Joint Surgery*; 1999 Sep;81(5):775–9.



124. Shelbourne KD, 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. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2000 Jul;28(4):446–52.
125. Pietro De Biase PARBGZ. Patellar Tendon Versus Doubled Semitendinosus and Gracilis Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1994 Mar 1;22(2):211–8.
126. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, et al. Anterior Cruciate Ligament Replacement: Comparison of Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts with Two-Strand Hamstring Grafts. *J Bone Joint Surg Am.* The American Orthopedic Association; 2002 Sep 1;84(9):1503–13.
127. Corry IS, Webb JM, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1999 Jul;27(4):444–54.
128. Gobbi A, Tuy B, Mahajan S, Panuncialman I. Quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical investigation in a group of athletes. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2003 Sep;19(7):691–9.
129. Carroll RAMJRRM. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1991 Sep 1;19(5):478–84.
130. Otero AL, Hutcheson L. A comparison of the doubled semitendinosus/gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* W.B. Saunders; 1993 Apr 1;9(2):143–8.
131. Freedman KB, D’Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2003 Jan;31(1):2–11.
132. Sherman OH, Banffy MB. Anterior cruciate ligament reconstruction: Which graft is best? *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2004 Nov;20(9):974–80.
133. Yunes M, Richmond JC, Engels EA, Pinczewski LA. Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* 2001 Mar;17(3):248–57.
134. Stäubli HU, Schatzmann L, Brunner P, Rincón L, Nolte LP. Mechanical tensile properties of the quadriceps tendon and patellar ligament in young adults. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 1999 Jan;27(1):27–34.
135. Fulkerson JP, Langeland R. An alternative cruciate reconstruction graft: The central quadriceps tendon. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* W.B. Saunders; 1995 Apr 1;11(2):252–4.
136. Chen C-H, Chen W-J, Shih C-H. Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Quadriceps Tendon-Patellar Bone Autograft. *Journal of Trauma and Acute Care*

- Surgery. 1999 Apr 1;46(4):678.
137. Brophy RH, Wright RW, Matava MJ. Cost analysis of converting from single-bundle to double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2009 Apr;37(4):683–7.
  138. Macaulay AA, Perfetti DC, Levine WN. Anterior cruciate ligament graft choices. *Sports Health.* Sage Publications, Inc; 2012 Jan;4(1):63–8.
  139. Garrett WE, Swiontkowski MF, Weinstein JN, Callaghan J, Rosier RN, Berry DJ, et al. American Board of Orthopaedic Surgery Practice of the Orthopaedic Surgeon: Part-II, certification examination case mix. *J Bone Joint Surg Am.* The American Orthopedic Association; 2006 Mar;88(3):660–7.
  140. Lubowitz JH. No-tunnel anterior cruciate ligament reconstruction: the transtibial all-inside technique. *Arthroscopy.* Elsevier; 2006 Aug;22(8):900.e1–11.
  141. Smith PA, Schwartzberg RS, Lubowitz JH. No Tunnel 2-Socket Technique: All-Inside Anterior Cruciate Ligament Double-Bundle Retroconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* Elsevier; 2008 Oct;24(10):1184–9.
  142. Tsai AG, Wijdicks CA, Walsh MP, LaPrade RF. Comparative kinematic evaluation of all-inside single-bundle and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical study. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2010 Feb;38(2):263–72.
  143. Walsh MP, Wijdicks CA, Armitage BM, Westerhaus BD, Parker JB, LaPrade RF. The 1:1 Versus the 2:2 Tunnel-Drilling Technique: Optimization of Fixation Strength and Stiffness in an All-Inside Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction--a Biomechanical Study. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2009 Jul 24;37(8):1539–47.
  144. Lubowitz JH, Schwartzberg R, Smith P. Randomized controlled trial comparing all-inside anterior cruciate ligament reconstruction technique with anterior cruciate ligament reconstruction with a full tibial tunnel. *Arthroscopy.* Elsevier; 2013 Jul;29(7):1195–200.
  145. Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous Landmarks of the Femoral Attachment of the Anterior Cruciate Ligament: An Anatomic Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery.* Elsevier; 2007 Nov 1;23(11):1218–25.
  146. Kopf S, Musahl V, Tashman S, Szczodry M, Shen W, Fu FH. A systematic review of the femoral origin and tibial insertion morphology of the ACL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Springer-Verlag; 2009 Mar;17(3):213–9.
  147. Musahl V, Plakseychuk A, VanScyoc A, Sasaki T, Debski RE, McMahon PJ, et al. Varying femoral tunnels between the anatomical footprint and isometric positions: effect on kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Am J Sports Med.* American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2005 May;33(5):712–8.
  148. Topliss C, Webb J. An audit of tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2001 Mar;8(1):59–63.
  149. Harner CD, Giffin JR, Dunteman RC, Annunziata CC, Friedman MJ. Evaluation and Treatment of Recurrent Instability After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction\*†. *J Bone Joint Surg Am.* The American Orthopedic Association; 2000 Nov 1;82(11):1652–2.

150. Gavriilidis I, Motsis EK, Pakos EE, Georgoulis AD, Mitsionis G, Xenakis TA. Transtibial versus anteromedial portal of the femoral tunnel in ACL reconstruction: A cadaveric study. *Knee*. 2008 Oct;15(5):364–7.
151. Raffo CS, Pizzarello P, Richmond JC, Pathare N. A Reproducible Landmark for the Tibial Tunnel Origin in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Avoiding a Vertical Graft in the Coronal Plane. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2008 Jul;24(7):843–5.
152. Segawa H, Koga Y, Omori G, Sakamoto M, Hara T. Influence of the femoral tunnel location and angle on the contact pressure in the femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2003 May;31(3):444–8.
153. Arnold MP, Kooloos J, Kampen A. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag*; 2001;9(4):194–9.
154. Lee MC, Seong SC, Lee S, Chang CB, Park YK, Jo H, et al. Vertical Femoral Tunnel Placement Results in Rotational Knee Laxity After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2007 Jul;23(7):771–8.
155. Chhabra A, Kline AJ, Nilles KM, Harner CD. Tunnel Expansion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Autogenous Hamstrings: A Comparison of the Medial Portal and Transtibial Techniques. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2006 Oct;22(10):1107–12.
156. Hantes ME, Zachos VC, Liantsis A, Venouziou A, Karantanas AH, Malizos KN. Differences in graft orientation using the transtibial and anteromedial portal technique in anterior cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag*; 2009;17(8):880–6.
157. Howell SM, Gittins ME, Gottlieb JE, Traina SM, Zoellner TM. The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2001 Sep;29(5):567–74.
158. Simmons R, Howell SM, Hull ML. Effect of the Angle of the Femoral and Tibial Tunnels in the Coronal Plane and Incremental Excision of the Posterior Cruciate Ligament on Tension of an Anterior Cruciate Ligament Graft: An in Vitro Study. *J Bone Joint Surg Am. The American Orthopedic Association*; 2003 Jun 1;85(6):1018–29.
159. Morgan CD, Kalmam VR, Grawl DM. Isometry testing for anterior cruciate ligament reconstruction revisited. *Arthroscopy*. 1995 Dec;11(6):647–59.
160. Stähelin AC, Weiler A. All-inside anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and soft threaded biodegradable interference screw fixation. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. Elsevier*; 1997 Dec;13(6):773–9.
161. Morgan CD, Stein DA, Leitman EH, Kalman VR. Anatomic tibial graft fixation using a retrograde bio-interference screw for endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. Elsevier*; 2002 Sep;18(7):1–8.

162. Smith PA. An Alternative Method for “All-Inside” Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. Elsevier; 2007 Apr;23(4):451.
163. Bradley JP, Tejwani SG. All-Inside Patellar Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2009 Dec;17(4):252–8.
164. Kim S-G, Kurosawa H, Sakuraba K, Ikeda H, Takazawa S, Takazawa Y. Development and Application of an Inside-to-Out Drill Bit for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2005 Aug;21(8):1012.e1–1012.e4.
165. Cerulli G, Zamarra G, Vercillo F, Pelosi F. ACL reconstruction with “the original all-inside technique.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. Springer-Verlag; 2011;19(5):829–31.
166. Lubowitz JH, Ahmad CS, Amhad CH, Anderson K. All-inside anterior cruciate ligament graft-link technique: second-generation, no-incision anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. Elsevier; 2011 May;27(5):717–27.
167. Blackman AJ, Stuart MJ. All-inside anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg*. Thieme Medical Publishers; 2014 Oct;27(5):347–52.
168. McCarthy MM, Graziano J, Green DW, Cordasco FA. All-epiphyseal, all-inside anterior cruciate ligament reconstruction technique for skeletally immature patients. *Arthrosc Tech*. Elsevier; 2012 Dec;1(2):e231–9.
169. Wilson AJ, Yasen SK, Nancoo T, Stannard R, Smith JO, Logan JS. Anatomic all-inside anterior cruciate ligament reconstruction using the translateral technique. *Arthrosc Tech*. Elsevier; 2013 May;2(2):e99–e104.
170. Lopez-Vidriero E, Hugh Johnson D. Evolving Concepts in Tunnel Placement. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2009 Dec 1;17(4):210–6.
171. Logan JS, Elliot RR, Wilson AJ. TransLateral ACL reconstruction: a technique for anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr*. Springer-Verlag; 2012;20(7):1289–92.
172. Seo SS, Kim CW, Kim JG. Clinical results comparing transtibial technique and outside in technique in single bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee surgery & related ....* 2013.
173. Lawrence JTR, Bowers AL, Belding J, Cody SR, Ganley TJ. All-epiphyseal Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Skeletally Immature Patients. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. Springer-Verlag; 2010;468(7):1971–7.
174. Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the Position of the Femoral Tunnel Affect the Laxity or Clinical Outcome of the Anterior Cruciate Ligament–Reconstructed Knee? A Clinical, Prospective, Randomized, Double-Blind Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2007 Dec;23(12):1326–33.
175. Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL-Y. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between 11 o’clock and 10 o’clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2003 Mar;19(3):297–304.

176. Sadoghi P, Kröpfl A, Jansson V, Müller PE, Pietschmann MF, Fischmeister MF. Impact of Tibial and Femoral Tunnel Position on Clinical Results After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2011 Mar;27(3):355–64.
177. Mochizuki T, Muneta T, Nagase T, Shirasawa S-I, Akita K-I, Sekiya I. Cadaveric Knee Observation Study for Describing Anatomic Femoral Tunnel Placement for Two-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2006 Apr;22(4):356–61.
178. Aglietti P, Giron F, Cuomo P, Losco M, Mondanelli N. Single-and Double-incision Double-bundle ACL Reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2007 Jan 1;454:108–13.
179. Grøntvedt T, Pena F, Engebretsen L. Accuracy of femoral tunnel placement and resulting graft force using one- or two-incision drill guides. A cadaver study on ten paired knees. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. W.B. Saunders; 1996 Apr 1;12(2):187–92.
180. Shin Y-S, Ro K-H, Lee J-H, Lee D-H. Location of the femoral tunnel aperture in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of the transtibial, anteromedial portal, and outside-in techniques. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2013 Nov;41(11):2533–9.
181. Purnell ML, Larson AI, Clancy W. Anterior cruciate ligament insertions on the tibia and femur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volume-rendering computed tomography. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2008 Nov;36(11):2083–90.
182. Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT III. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2004 Mar;20(3):294–9.
183. Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi J-P, Djian P, Bellier G, et al. Morphology of Anterior Cruciate Ligament Attachments for Anatomic Reconstruction: A Cadaveric Dissection and Radiographic Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2006 Sep;22(9):984–92.
184. Panni AS, Milano G, Tartarone M, Demontis A, Fabbriani C. Clinical and radiographic results of ACL reconstruction: a 5- to 7-year follow-up study of outside-in versus inside-out reconstruction techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag*; 2001;9(2):77–85.
185. Gill TJ, Steadman JR. Anterior cruciate ligament reconstruction: The two-incision technique. *Orthopedic Clinics of North America*; 2002.
186. Garofalo R, Mouhsine E, Chambat P, Siegrist O. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: the two-incision technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr. Springer-Verlag*; 2006;14(6):510–6.
187. Mardani-Kivi M, Madadi F, Keyhani S, Karimi-Mobarake M, Hashemi-Motlagh K, Saheb-Ekhtiari K. Antero-medial portal vs. transtibial techniques for drilling femoral tunnel in ACL reconstruction using 4-strand hamstring tendon: A cross-sectional study with 1-year follow-up. *Med Sci Monit. International Scientific Information, Inc*; 2012 Oct

- 31;18(11):CR674–9.
188. Segawa H, Koga Y, Omori G, Sakamoto M, Hara T. Contact pressure in anterior cruciate ligament bone tunnels: Comparison of endoscopic and two-incision technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2005 Apr;21(4):439–44.
  189. Heming JF, Rand J, Steiner ME. Anatomical limitations of transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2007 Oct;35(10):1708–15.
  190. Koutras G, Papadopoulos P, Terzidis IP, Gigis I, Pappas E. Short-term functional and clinical outcomes after ACL reconstruction with hamstrings autograft: transtibial versus anteromedial portal technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr. Springer Berlin Heidelberg*; 2013;21(8):1904–9.
  191. Zhang Q, Zhang S, Li R, Liu Y, Cao X. Comparison of two methods of femoral tunnel preparation in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Acta Cirurgica Brasileira. Acta Cirúrgica Brasileira/SOBRADPEC*; 2012;27(8):572–6.
  192. George MS. Femoral Tunnel Drilling From the Anteromedial Portal Using the Figure-4 Position in ACL Reconstruction. Harwin SF, editor. *ORTHOPEDICS. SLACK Incorporated*; 2012 Aug 1;35(8):674–7.
  193. Franceschi F, Papalia R, Rizzello G, Del Buono A, Maffulli N, Denaro V. Anteromedial Portal Versus Transtibial Drilling Techniques in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Any Clinical Relevance? A Retrospective Comparative Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013 Aug;29(8):1330–7.
  194. Alentorn-Geli E, Lajara F, Samitier G, Cugat R. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthr. Springer-Verlag*; 2010;18(8):1013–37.
  195. Rahr-Wagner L, Thillemann TM, Lind M, Pedersen AB. Comorbidities in Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Compared With Matched Controls Without Anterior Cruciate Ligament Injury From Danish Registries. *Arthroscopy. Elsevier*; 2015 Sep;31(9):1741–4.
  196. Lubowitz JH. No-Tunnel Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Transtibial All-Inside Technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2006 Aug;22(8):900.e1–900.e11.
  197. Brown CH Jr, Spalding T, Robb C. Medial portal technique for single-bundle anatomical Anterior Cruciate Ligament (ACL) reconstruction. *Int Orthop. Springer-Verlag*; 2013;37(2):253–69.
  198. Harner CD, Honkamp NJ, Ranawat AS. Anteromedial Portal Technique for Creating the Anterior Cruciate Ligament Femoral Tunnel. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2008 Jan;24(1):113–5.
  199. Wang H, Fleischli JE, Zheng NN. Transtibial versus anteromedial portal technique in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: outcomes of knee joint kinematics during walking. *Am J Sports Med. American Orthopaedic Society for Sports Medicine*; 2013 Aug;41(8):1847–56.

200. Yau WP, Fok AWM, Yee DKH. Tunnel Positions in Transportal Versus Transtibial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Case-Control Magnetic Resonance Imaging Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013 Jun;29(6):1047–52.
201. Mandal A, Shaw R, Shaw RK, Biswas D, Basu A. Transportal versus transtibial drilling technique of creating femoral tunnel in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft. *J Indian Med Assoc*. 2012 Nov;110(11):773–5.
202. Chechik O, Amar E, Khashan M, Lador R, Eyal G, Gold A. An international survey on anterior cruciate ligament reconstruction practices. *Int Orthop*. Springer-Verlag; 2013;37(2):201–6.
203. Cha PS, Chhabra A, Harner CD. Single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using the medial portal technique. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2005 Apr;15(2):89–95.
204. Lubowitz JH. Anteromedial portal technique for the anterior cruciate ligament femoral socket: pitfalls and solutions. *Arthroscopy*. Elsevier; 2009 Jan;25(1):95–101.
205. Tudisco C, Bisicchia S. Drilling the Femoral Tunnel During ACL Reconstruction: Transtibial Versus Anteromedial Portal Techniques. *ORTHOPEDICS*. SLACK Incorporated; 2012 Aug 1;35(8):e1166–72.
206. Nakamura M, Deie M, Shibuya H, Nakamae A, Adachi N, Aoyama H, et al. Potential Risks of Femoral Tunnel Drilling Through the Far Anteromedial Portal: A Cadaveric Study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2009 May;25(5):481–7.
207. Rahr-Wagner L, Thillemann TM, Pedersen AB, Lind MC. Increased Risk of Revision After Anteromedial Compared With Transtibial Drilling of the Femoral Tunnel During Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Results from the Danish Knee Ligament Reconstruction Register. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013 Jan;29(1):98–105.
208. Keller TC, Tompkins M, Economopoulos K, Milewski MD, Gaskin C, Brockmeier S, et al. Tibial Tunnel Placement Accuracy During Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Independent Femoral Versus Transtibial Femoral Tunnel Drilling Techniques. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2014 Sep;30(9):1116–23.
209. Youm Y-S, Cho S-D, Lee S-H, Youn C-H. Modified Transtibial Versus Anteromedial Portal Technique in Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Comparison of Femoral Tunnel Position and Clinical Results. *Am J Sports Med*. American Orthopaedic Society for Sports Medicine; 2014 Sep 30;42(12):0363546514551922–2947.
210. Robin BN, Jani SS, Marvil SC, Reid JB, Schillhammer CK, Lubowitz JH. Advantages and Disadvantages of Transtibial, Anteromedial Portal, and Outside-In Femoral Tunnel Drilling in Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthroscopy*. Elsevier; 2015 Jul;31(7):1412–7.
211. Sim J-A, Kim J-M, Lee S, Bae J-Y, Seon J-K. Comparison of tunnel variability between trans-portal and outside-in techniques in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Dec 28.

212. Song E-K, Kim S-K, Lim H-A, Seon J-K. Comparisons of tunnel-graft angle and tunnel length and position between transtibial and transportal techniques in anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*. Springer Berlin Heidelberg; 2014;38(11):2357–62.
213. Lubowitz JH, Konicek J. Anterior Cruciate Ligament Femoral Tunnel Length: Cadaveric Analysis Comparing Anteromedial Portal Versus Outside-In Technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2010 Oct;26(10):1357–62.
214. Nakayama H, Yamaguchi M, Yoshiya S. Comparison of transportal inside-out and outside-in femoral drilling techniques in anatomic ACL reconstruction. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*. 2014 Jan;1(1):26–30.
215. Lubowitz JH, Akhavan S, Waterman BR, Aalami-Harandi A, Konicek J. Technique for Creating the Anterior Cruciate Ligament Femoral Socket: Optimizing Femoral Footprint Anatomic Restoration Using Outside-in Drilling. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2013 Mar;29(3):522–8.
216. Hensler D, Working ZM, Illingworth KD, Thorhauer ED, Tashman S, Fu FH. Medial Portal Drilling: Effects on the Femoral Tunnel Aperture Morphology During Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Bone Joint Surg Am. The Journal of Bone and Joint Surgery, Inc*; 2011 Nov 16;93(22):2063–71.
217. Robin B, Lubowitz J. Disadvantages and Advantages of Transtibial Technique for Creating the Anterior Cruciate Ligament Femoral Socket. *Journal of Knee Surgery*. 2014 Sep 9;27(05):327–30.