
VITOR BARION CASTRO DE PADUA

**Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do
ligamento cruzado anterior com e sem a preservação do
remanescente: um estudo comparativo prospectivo com tomografia
computadorizada tridimensional**

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

Programa de Ciências do Sistema
Musculoesquelético

Orientador: Prof. Dr. Camilo Partezani Helito

SÃO PAULO

2022

VITOR BARION CASTRO DE PADUA

**Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do
ligamento cruzado anterior com e sem a preservação do
remanescente: um estudo comparativo prospectivo com tomografia
computadorizada tridimensional**

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

Programa de Ciências do Sistema
Musculoesquelético

Orientador: Prof. Dr. Camilo Partezani Helito

SÃO PAULO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Padua, Vitor Barion Castro de

Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do ligamento cruzado anterior com e sem a preservação do remanescente : um estudo comparativo prospectivo com tomografia computadorizada tridimensional / Vitor Barion Castro de Padua. -- São Paulo, 2022.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético.

Orientador: Camilo Partezani Helito.

Descritores: 1.Reconstrução do ligamento cruzado anterior 2.Tomografia computadorizada por raios X 3.Articulação do joelho 4.Processamento de imagem assistida por computador 5.Instabilidade articular 6.Estudos de cortes

USP/FM/DBD-485/22

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Padua VBC. Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior com e sem a preservação do remanescente: um estudo comparativo prospectivo com tomografia computadorizada tridimensional [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2022.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Fabio Castro de Padua** e **Telma Barion Castro de Padua**, que ajudaram a construir o meu caráter e não mediram esforços para educação e criação dos filhos.

Aos meus avós **Antenor Barion (Lole)**, **Vô Darcy**, **Vó Lydia** e **Vó Lucinha**. A todos eles que, cada um do seu jeito, foram exemplos para mim e até hoje aprendo lembrando deles.

Aos meus irmãos **Rafael** e **Marcia**, que sempre estiveram presentes na minha vida.

A **Pierre Chambat**, por todo aprendizado e estar sempre à frente do seu tempo.

Às minhas filhas **Vitoria** e **Oliva**, pelo sentido que deram à minha vida.

À **Ana Carolina** (minha gata), por sempre ter acreditado em mim, por nos levar a um outro nível e por iluminar a vida de todos que estão por perto. A vida é muito melhor do seu lado. Te amo.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por todas as oportunidades e escolhas.

Ao Dr. **Camilo Partezani Helito**, pela amizade e apoio na orientação da minha tese e ajuda científica.

Ao Dr. **Mohty Domit**, por me despertar o desejo pela cirurgia do joelho e todos os ensinamentos.

Ao Dr **Bertrand Sonnery-Cottet** e Dr. **Sergio Canuto**, pela amizade e apoio de sempre.

Ao Dr. **Paulo Jose Lorenzetti Gelas**, pela ajuda na reconstrução das tomografias.

Ao Dr. **Luis Fernando Patriarcha**, Dr. **Lucas Piazzallunga** e Dr. **Julio Vilela**, pela ajuda com as mensurações dos exames.

Às minhas secretarias Marilia, **Lucimara** e **Maria** por me ajudarem com os pacientes e cirurgias.

A **todos os pacientes** que participaram do estudo e contribuíram para que esta tese fosse possível.

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

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

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

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver). Universidade de São Paulo. Sistema Integrado de Bibliotecas. Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: Parte IV (VANCOUVER). Elaborado por Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, Maria Cláudia Pestana, Maria Cristina Cavarette Dziabas, Eliana Maria Garcia, Maria Fátima dos Santos, Maria Marta Nascimento, Suely Campos Cardoso. 3a ed. São Paulo: Sistema Integrado de Bibliotecas; 2016.

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

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

Listas de figuras

Lista de tabelas

Resumo

Abstract

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Objetivo.....	20
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1	Anatomia.....	22
2.2	Biomecânica.....	23
2.3	Técnicas cirúrgicas.....	25
2.4	Posicionamento dos túneis.....	26
2.5	Resultados.....	27
2.6	Preservação do remanescente.....	28
3	MÉTODOS.....	34
3.1	CrITÉRIOS de seleção.....	34
3.1.1	CrITÉRIOS de inclusão e exclusão.....	34
3.1.2	CrITÉRIOS de exclusão.....	34
3.2	CrITÉRIOS de divisão dos grupos.....	35
3.3	TÉCNICA cirúrgica.....	35
3.4	Avaliação por imagem (Tomografia computadorizada).....	37
3.5	Mensurações.....	37

3.6	Análises estatísticas.....	39
4	RESULTADOS.....	41
5	DISCUSSÃO.....	48
6	CONCLUSÃO.....	54
7	APÊNDICES.....	56
8	ANEXOS.....	59
9	REFERÊNCIAS.....	64

ABREVIATURAS, SIMBOLOS E SIGLAS

AP	Anteroposterior
AM	Anteromedial
DB	Dupla Banda
FU	Follow Up
IKDC	International Knee Documentation Committee
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LCP	Ligamento Colateral Posterior
ML	Mediolateral
MTRP	Grupo preservação do remanescente - túnel não anatômico
MTRA	Grupo sem preservação do remanescente - túnel não anatômico
PL	Posterolateral
RLCA	Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior
RM	Ressonância Magnética
RP	Remanescente preservado
RA	Sem preservação do remanescente
TC-3D	Tomografia computadorizada tridimensional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Posicionamento do guia tibial com remanescente do LCA.....	36
Figura 2 - Preparação do trajeto por dentro do remanescente.....	36
Figura 3 - Posicionamento do guia tibial sem remanescente.....	37
Figura 4 - Mensuração do posicionamento do túnel tibial.....	38
Figura 5 - Fluxograma do estudo.....	41
Figura 6 - Localização média do túnel de cada paciente.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Comparação de idade, sexo e tamanho médio do túnel entre os grupos.....	42
Tabela 2 -	Posições médias do túnel relatadas para cada grupo, por cada observador.....	43
Tabela 3 -	Coeficiente de correlação intraobservador e interobservador intraclass (ICC) para % AP e % ML.....	44
Tabela 4 -	Número total de pacientes por grupo com túnel não anatômico e a direção do mau posicionamento (teste exato de Fishers).....	46

RESUMO

Padua VBC. *Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do ligamento cruzado anterior com e sem a preservação do remanescente: um estudo comparativo prospectivo com tomografia computadorizada tridimensional* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2022.

INTRODUÇÃO: A preservação do remanescente durante a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é controversa. A técnica pode conferir várias vantagens, mas não está claro se o remanescente ajuda ou atrapalha o posicionamento do túnel tibial. **OBJETIVO:** O objetivo deste estudo foi comparar o posicionamento do túnel tibial entre a técnica de preservação do remanescente com a não preservação. A hipótese é que o uso da técnica de perfuração totalmente dentro do remanescente do LCA não compromete o posicionamento do túnel tibial, determinado pela tomografia computadorizada tridimensional pós-operatória (TC-3D).

DESENHO DO ESTUDO: Estudo prospectivo de coorte; Nível de evidência, 3.

MÉTODOS: Entre outubro de 2018 e dezembro de 2019, os pacientes que passaram pela reconstrução da LCA foram submetidos à cirurgia com técnica de preservação remanescente (Grupo 1) se tivessem remanescente do LCA presente (>50% de comprimento nativo da LCA), ou submetidos à retirada e limpeza dos restos do LCA e utilização de marcos-padrão para posicionamento de túnel tibial (Grupo 2 - controle). Após o procedimento, a localização do túnel foi avaliada pela TC-3D. As mensurações foram realizadas em relação à distância do centro do túnel tibial até a borda medial e a borda anterior da tíbia em relação à maior distância anteroposterior (AP) e mediolateral (ML) das dimensões totais tibial visualizada na TC-3D e expressas em percentuais e os túneis foram classificados como anatômicos ou não anatômicos. Especificamente, se o centro do túnel tibial estivesse entre 30% a 55% de anterior a posterior, e entre 40% a 51% de medial para lateral, era classificado como posicionamento anatômico. **RESULTADOS:** 52 pacientes foram incluídos no estudo (26 em cada grupo). As posições médias do túnel foram de 36,8 5% AP e 46,7 2,9% ML no grupo 1, e no grupo 2 foram 35,6 4,8% AP e 47,3 2,3% ML. Não houve diferenças significativas nas posições médias de túnel AP ($p=0,134$) e ML ($p=0,098$) entre os grupos. A confiabilidade inter e o intraobservador variou entre moderado a

excelente e bom a excelente, respectivamente. Não houve diferença significativa na taxa de mal posicionamento entre os grupos (grupo 1, 7,7%; grupo 2, 11,5%; $p=1.000$).

CONCLUSÃO: A perfuração inteiramente dentro do remanescente tibial do LCA, usando uma técnica de preservação dos restos ligamentares, não apresentou diferença em relação ao posicionamento do túnel tibial determinado pela TC-3D pós-operatória, quando comparada à remoção total dos remanescentes do LCA e utilização de referências-padrão.

Descritores: Reconstrução do ligamento cruzado anterior. Tomografia computadorizada por raios X. Articulação do joelho. Processamento de imagem assistida por computador. Instabilidade articular. Estudos de coortes.

ABSTRACT

Padua VCB. *Comparison of tibial tunnel positioning in anterior cruciate ligament reconstruction with and without remnant preservation: a prospective comparative study with three-dimensional computed tomography* [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2022.

INTRODUCTION: Remnant preservation during anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is controversial. The technique may confer several advantages, but it is unclear whether the remnant helps or hinders the positioning of the tibial tunnel.

OBJECTIVE: The purpose of this study was to compare the positioning of the tibial tunnel between the technique of remnant preservation with the non-preserving technique. The hypothesis is that the use of the perforation technique totally within the ACL remnant does not compromise the positioning of the tibial tunnel, determined by postoperative three-dimensional computed tomography (3D-CT). **STUDY DESIGN:**

Prospective cohort study; Level of evidence, 3. **METHODS:** Between October 2018 and December 2019, patients undergoing ACL reconstruction underwent surgery with a remnant preserving technique (Group 1) if they had ACL remnant present (>50% native ACL length), or underwent removal and cleaning of ACL remains and use of standard landmarks for positioning the tibial tunnel (Group 2 - control). After the procedure, the tunnel location was evaluated by 3D-CT. Measurements were performed in relation to the distance from the center of the tibial tunnel to the medial border and the anterior border of the tibia in relation to the greatest anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) distance of the total tibial dimensions visualized on 3D-CT and expressed in percentages, and the tunnels were classified as anatomical or non-anatomical. Specifically, if the center of the tibial tunnel was between 30% to 55% anterior to posterior, and 40% to 51% medial to lateral, it was classified as anatomical positioning. **RESULTS:** 52 patients were included in the study (26 in each group). The mean tunnel positions were 36.8 5% AP and 46.7 2.9% ML in group 1, and in group 2 they were 35.6 4.8% AP and 47.3 2.3% ML. There were no significant differences in the mean AP ($p=0.134$) and ML ($p=0.098$) tunnel positions between the groups. Inter- and intra-observer reliability ranged from moderate to excellent, and good to excellent, respectively. There was no significant difference in the rate of malpositioning between

the groups (group 1, 7.7%; group 2, 11.5%; $p=1,000$). **CONCLUSION:** Perforation entirely within the tibial remnant of the ACL using a ligament remnant preservation technique showed no difference in relation to the positioning of the tibial tunnel determined by postoperative 3D-CT, when compared to total removal of the ACL remnant and use of references pattern.

Keywords: Anterior cruciate ligament reconstruction. Tomography, X-Ray Computed. Knee joint. Image processing, computer-assisted. Joint instability. Cohort studies.

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) é um dos procedimentos cirúrgicos mais executados dentro da cirurgia ortopédica^{1,2}. Os resultados desse procedimento são satisfatórios na maioria dos casos^{3,4}, mas apresentam um índice significativo de falhas de 5 a 30%, a depender do parâmetro utilizado^{3,5} e o índice de retorno ao mesmo nível de atividade esportiva é de apenas 65%⁶. As principais causas de falhas são mecânicas, erros técnicos como mal posicionamento do túnel femoral e/ou tibial, instabilidades associadas não diagnosticadas, falha biológica pela não integração do enxerto ou ocorrência de um novo trauma⁷⁻¹².

Na busca por melhores resultados, nos últimos anos, muito se estudou a respeito da anatomia e biomecânica do LCA, e através do melhor conhecimento de suas bandas e seu comportamento¹³⁻¹⁵, a reconstrução anatômica do LCA, que tem como objetivo fazer uma reconstrução com características biomecânicas e biológicas o mais semelhantes possíveis ao LCA nativo, preservando ao máximo seus remanescentes, vascularização e mecanorreceptores, vem sendo preconizada¹⁶⁻¹⁸.

Com o objetivo de realizar uma reconstrução anatômica, as inserções tibial e femoral do LCA foram muito estudadas, e diferentes formatos de inserção tibial foram descritos¹⁹. Na tentativa de preencher a maior parte da inserção óssea e atingir a localização correta, a reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA), através da dupla banda, foi um conceito amplamente difundido no início do século XXI, e apesar de não mostrar resultados superiores, contribuiu bastante para um melhor entendimento da anatomia do LCA, seu comportamento e suas inserções^{5,17,20-23}.

Nesse contexto, o primeiro passo para a reconstrução anatômica é a localização correta do enxerto na inserção original do LCA, tanto na tíbia como no fêmur^{17,24,25}, uma vez que o posicionamento inadequado não reproduz a cinemática do joelho²⁶ e pode levar a um maior número de falhas²⁷⁻³⁰, além de estar relacionado a uma maior incidência de alterações degenerativas do menisco e da cartilagem³¹. Em relação à parte biológica, uma possível forma de agregar células ao enxerto é a preservação do remanescente do LCA roto, que pode apresentar vantagens como maior

estabilidade³²⁻³⁵, menor alargamento dos túneis³⁶, melhor integração e vascularização do enxerto^{33,37} e preservação de mecanorreceptores que ajudam na propriocepção^{18,34,38,39}, podendo dessa forma reduzir a incidência de falha da reconstrução^{9,35,40,41}.

Desde do início da cirurgia artroscópica, a perfuração femoral através do túnel tibial, chamada de reconstrução isométrica ou transtibial, foi a mais utilizada, mas leva a um possível posicionamento incorreto do túnel tibial para posterior e conseqüentemente do túnel femoral para anterior, deixando um enxerto vertical e com controle insatisfatório da instabilidade rotacional^{27,28,42,43}. Dessa forma, a perfuração independente dos túneis tem sido preconizada por vários autores para a obtenção de um posicionamento mais anatômico tanto no fêmur como na tibia^{44,45}.

Assim como o túnel femoral, o correto posicionamento do túnel tibial, respeitando seu *footprint* é essencial para o sucesso da reconstrução do LCA, evitando complicações como restrições do arco de movimento e dor^{46,47}. Diferentes parâmetros podem ser utilizados para sua localização do túnel na tibia, sendo os mais utilizados o próprio remanescente do LCA nativo, o ligamento cruzado posterior (LCP), a espinha tibial medial, o ligamento intermeniscal e o corno anterior do menisco lateral^{20,48}. Mas, de acordo com alguns autores, a presença do remanescente do LCA pode atrapalhar a correta localização dos túneis, no fêmur e na tibia, gerando um posicionamento incorreto^{26,46,49}.

Segundo **Amis e Jakob⁵⁰ (1998)** e **Tsukada et al.⁵¹ (2008)**, através de medição em cadáver, o centro da banda anteromedial (AM), que é a que nós reconstruímos rotineiramente^{35,52}, se localiza em torno de 36% no plano longitudinal (sagital) e 46% no plano transversal (coronal). De forma semelhante, e com auxílio de ressonância magnética, **Stäubli e Rauschning⁵³ (1994)** mostraram que a parte mais anterior do LCA está inserida na tibia na região entre 24,6% e 41%. **Lu et al.⁵² (2015)** utilizaram a tomografia para comparar a reconstrução através da dupla banda, com e sem remanescente, e encontrou que a preservação do remanescente serviu como parâmetro para uma localização correta tanto no fêmur como na tibia, além de um melhor resultado funcional no grupo com remanescente.

1.1 OBJETIVO

Comparar, através de tomografia computadorizada tridimensional, o posicionamento do túnel tibial na reconstrução do LCA em pacientes em que foi preservado ou não o remanescente e avaliar se ambas as situações estão de acordo com o posicionamento anatômico correto. Nossa hipótese é que a preservação do remanescente do LCA não compromete o posicionamento correto do túnel tibial e que ambas as situações apresentarão parâmetros tomográficos semelhantes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Anatomia

Stäubli e Rauschning⁵³, em 1994, relatam a importância do posicionamento correto do enxerto do LCA para obter melhores resultados. Com a utilização da ressonância magnética com contraste, avaliaram a região anatômica da inserção tibial do LCA com o joelho em extensão e concluem que o posicionamento ideal do túnel tibial na reconstrução do LCA é 44% no diâmetro AP da tibia, evitando, dessa forma, o risco de impacto com o intercôndilo femoral. Os autores relatam também que existe uma variação do *footprint* tibial entre 24,6% e 62% no diâmetro AP tibial.

Colombet et al.²⁰, em 2006, comparam o estudo anatômico de sete cadáveres com utilização de marcadores metálicos e avaliam a posição correta do LCA através de radiografia e do parecer de seis observadores. Em seu estudo, preferem a linha de Amis e Jakobs⁵⁰ para localização radiográfica no lugar da linha de Blumensat, pois esta não depende do ângulo de flexão do joelho, e concluem que a inserção tibial do LCA está localizada em média na região de 36%, para a banda AM, e 52%, para a PL, do sentido anterior para posterior.

Tsukada et al.⁵¹, em 2008, através de um sistema de navegação e fotografia, analisam 36 cadáveres e concluem que a inserção da banda tibial do LCA está localizada na região de 37,6%, no diâmetro AP da tibia, e 46,5%, no diâmetro ML, estando de acordo com as mensurações de estudos prévios.

Ferretti et al.¹⁵, em 2012, descrevem pontos de referência para localização correta do *footprint* tibial do LCA em oito cadáveres com a utilização de imagem de tomografia tridimensional. Mostram que a espinha tibial medial tem relação com o centro das bandas AM e PL do LCA na tibia, assim como o ligamento intermeniscal, e que podem ser utilizados como parâmetro de localização durante a cirurgia. Já a raiz anterior do menisco lateral tem relação variável com a inserção tibial do LCA. Os autores também mostram que a inserção tibial tem formatos variáveis como oval e

triangular, é mais larga que a inserção femoral e o terço médio do ligamento e que o posicionamento correto do túnel tibial é pré-requisito para um resultado excelente.

Guenther et al.¹⁹, em 2017, fazem um estudo com cem pacientes através da artroscopia, em que toda a base tibial do LCA é ressecada, fotografada e avaliada por dois diferentes observadores. Os autores mostram boa concordância entres os avaliadores e descrevem diferentes formatos da inserção tibial do ligamento cruzado anterior como forma de “c”, triangular e elíptica, mostrando que a anatomia não é a mesma em todos os pacientes.

Chun et al.⁵⁵, em 2017, procuram avaliar a presença de mecanorreceptores no remanescente de 10 pacientes submetidos à RLCA que apresentavam restos do LCA roto, assim como no aloenxerto do tendão de aquiles que foi utilizado. Como resultado encontram a presença de mecanorreceptores, tanto no remanescente do LCA como no aloenxerto através de estudo imunocitoquímico, e referem que, apesar de em menor quantidade que o esperado, acreditam no potencial da regeneração dos mecanorreceptores no remanescente do LCA, mas que a relação da preservação com desfecho clínico ainda carece de mais estudos.

Wang et al.⁵⁴, em 2018, analisam a morfologia e a quantidade de mecanorreceptores no remanescente do LCA roto e a relação com o tempo de lesão. Coletam amostras de 40 pacientes submetidos à RLCA para avaliação por microscopia eletrônica. Encontram a presença de corpúsculos de Ruffini e Pacini, terminações nervosas do tipo Golgi-like e livre como mecanorreceptores atípicos. Os autores constatam que o número de mecanorreceptores, de corpúsculos de Ruffini e o volume do remanescente diminuem com o tempo desde a lesão, porém concluem que essa diminuição não possui relação com idade, sexo e lateralidade.

2.2 Biomecânica

Lee et al.⁴³, em 2007, numa avaliação de 137 reconstruções do LCA através de radiografia e ressonância magnética, relacionam a posição dos túneis e do enxerto

com a presença do teste de pivot shift residual pós-cirúrgico. Encontram que, na reconstrução do LCA, a colocação do túnel femoral e o enxerto verticalizado levam a piores resultados funcionais, com persistência da instabilidade rotacional e um pivot shift residual mais frequente. Os autores concluem que a colocação de um enxerto mais oblíquo leva aos melhores resultados.

Zantop et al.¹⁷, em 2008, avaliam a anatomia e a biomecânica do LCA na tíbia e no fêmur em 20 joelhos de cadáveres. Na tíbia, a avaliação é realizada pelo método de **Stäubli e Rauschning**⁵³ e mostra que existem duas bandas: a banda anteromedial e a banda posterolateral. Os autores relatam que as bandas têm comportamentos distintos durante a flexoextensão do joelho e detalham sua inserção anatômica no fêmur e na tíbia. Na tíbia, a banda AM está localizada na região de 30%, na relação anteroposterior, e a banda posterolateral na posição de 44%.

Bedi et al.⁴⁷, em 2011, destacam a importância do túnel tibial na biomecânica do enxerto do LCA e comparam três posicionamentos diferentes (*over the top*, região anterior do *footprint* e região posterior do *footprint*) do enxerto na tíbia, mantendo a mesma posição central no fêmur em 10 cadáveres. Através da avaliação por navegação assistida por computador, avaliam a mobilidade tridimensional, mostrando que o posicionamento do túnel tibial na região mais anterior de sua anatomia leva a melhor estabilidade no exame de Lachman e de pivot shift. Os autores ressaltam ainda o risco de impacto do enxerto no intercôndilo se posicionado muito anterior na tíbia.

Vignos et al.⁵⁶, em 2020, através da comparação de pacientes submetidos à reconstrução do LCA e à simulação digital, conseguem mostrar que tanto a variação do posicionamento do túnel femoral como tibial alteram a biomecânica do joelho. Segundo seu estudo, a alteração no plano sagital devido ao posicionamento incorreto leva a um enxerto verticalizado com maior risco de instabilidade anterior.

Hassebrock⁵⁷, em 2020, em artigo de revisão, destaca a importância do LCA para a biomecânica normal do joelho e que sua principal função é a prevenção da translação anterior da tíbia em relação ao fêmur, atuando como estabilizador secundário da rotação tibial e do valgo. Relata ainda que, apesar de vários testes para determinar as propriedades biomecânicas do LCA terem sido realizados, a obtenção

de testes uniformes em relação às taxas de deformação e orientação são impossíveis, mas confirma que a banda anterior tem maior tensão comparada à banda posterior.

2.3 Técnicas cirúrgicas

Muneta et al.²³, em 2007, na tentativa de reproduzir a anatomia do LCA, fazem um estudo comparando a reconstrução com banda única versus a reconstrução com dupla banda, em 68 pacientes divididos igualmente nos dois grupos. A partir do estudo, os autores concluem que apesar da DB mostrar melhor controle da instabilidade anterior e rotacional, não apresenta diferença nos testes subjetivos.

Abebe et al.²⁸, em 2009, comparam a reconstrução do LCA através da técnica transtibial com a técnica de duas incisões, em que os túneis são independentes. O estudo inclui oito pacientes e a avaliação é realizada através de RM de alta resolução associada à modelagem 3D. Os autores concluem que, na técnica transtibial, é maior a incidência de posicionamento não anatômico dos túneis tibial e femoral, enquanto na técnica de túneis independentes, o posicionamento femoral fica apenas 3mm distante do centro anatômico, e na técnica transtibial fica 9mm.

Marchant et al.²⁷, em 2010, avaliam as causas de falhas pós-reconstrução do LCA. Os autores analisam, em 122 pacientes submetidos à revisão do LCA, o posicionamento dos túneis através de raio-X, RM e avaliação artroscópica no momento da cirurgia. Encontram que 88% dos joelhos apresentam um posicionamento não anatômico dos túneis femoral ou tibial (considerando não anatômico quando $\geq 50\%$ estivesse fora do *footprint*) e que a técnica transtibial foi utilizada em 83%. Dessa forma, concluem que o mau posicionamento dos túneis é uma das principais causas de falhas e a técnica transtibial leva a um enxerto mais vertical e não anatômico. Recomendam ainda a utilização da técnica transpostal, ou de fora para dentro, para a perfuração do túnel femoral.

Sutter et al.²⁶, em 2015, descrevem a importância da identificação correta do *footprint* do LCA para a correta colocação dos túneis, utilizando o remanescente do

LCA roto para localização do túnel tibial. Mostram ainda que, através da confecção dos túneis de maneira independente, pela técnica de fora para dentro, é possível atingir o posicionamento anatômico desejado.

2.4 Posicionamento dos túneis

Strauss et al.⁴², em 2011, fazem um estudo com objetivo de avaliar o posicionamento do túnel femoral na reconstrução do LCA através da técnica transtibial. Com a utilização de cadáveres, criam um túnel de 8 mm no centro da inserção tibial, e pelo túnel tibial criam um túnel de 6 mm e em seguida de 8 mm, o mais próximo da origem femoral do LCA, e fazem uma avaliação com tomografia 3D da porcentagem de cobertura da área anatômica do “*footprint*” femoral. Os autores concluem que apenas 30% da área anatômica foi coberta, sendo o túnel posicionado na região superior e posterior, e que com a perfuração (transtibial) dependente do túnel tibial não é possível atingir o posicionamento desejado do túnel femoral.

Koga et al.⁵⁸, em 2014, avaliam o efeito do posicionamento do túnel femoral na tensão do enxerto na reconstrução do LCA com dupla banda. Concluem que, assim como na reconstrução com banda única, a reconstrução do LCA com dupla banda e posicionamento incorreto dos túneis pode levar à instabilidade residual e consequente falha da cirurgia.

Rayan et al.⁴⁶, em 2015, descrevem sobre a evolução do posicionamento dos túneis na reconstrução do LCA e relatam que o posicionamento incorreto, tanto do túnel femoral quanto tibial, é uma das principais causas de revisão do LCA. Os autores afirmam que o túnel tibial muito anterior pode levar a limitação da extensão por impacto no intercôndilo femoral e que a técnica transtibial é a principal causa de mal posicionamento dos túneis.

Inderhaug et al.⁴⁹, em 2016, afirmando a importância do posicionamento anatômico dos túneis, avaliam o posicionamento dos túneis de um cirurgião experiente na transição da técnica transtibial para a técnica portal. Mostram que a

tomografia computadorizada é uma opção útil na avaliação do posicionamento dos túneis do LCA e pode ser utilizada como ferramenta de aprendizado através de *feedback* e que tanto o remanescente do LCA como referências ósseas não são confiáveis como parâmetro únicos de localização.

2.5 Resultados

Alentorn-Geli et al.⁴⁵, em 2010, fazem uma avaliação da literatura buscando comparação da reconstrução do LCA com tendão patelar através da técnica do portal medial e da técnica transtibial em que são incluídos 21 estudos e 859 pacientes. Apesar da perfuração independente dos túneis pela técnica pelo portal medial mostrar um retorno precoce aos esportes, melhor exame de Lachman e maior arco de movimento na avaliação com 1 e 2 anos, as técnicas se mostram sem diferença significativa na avaliação de 3 a 10 anos. Os autores concluem que, apesar de retorno mais precoce com a técnica pelo portal medial, não é possível afirmar que uma técnica seja superior a outra.

Noh et al.⁴⁴, em 2013, comparam a técnica através do portal medial para perfuração do túnel femoral com a técnica transtibial em 53 pacientes e avaliam o posicionamento através de RM e desfecho clínico objetivo e subjetivo. Mostram que os pacientes submetidos à técnica com perfuração independente dos túneis como na transportal tinham o joelho mais estável no exame de Telos e um score mais elevado na escala de Lysholm, não mostrando diferença significativa no score de Tegner e IKDC.

Lu et al.⁵², em 2015, na reconstrução do LCA com dupla banda, comparam o resultado clínico dos pacientes entre um grupo em que a localização dos túneis foi feita através do remanescente do LCA e no outro grupo através de referências ósseas. Eles concluem que a utilização do remanescente como referência de posicionamento leva ao ganho da ADM mais precoce e melhores índices de avaliação funcional apesar de ambas as técnicas mostrarem resultados satisfatórios.

2.6 Preservação do remanescente

Adachi et al.³², em 2000, em um estudo com mínimo de 2 anos de *follow up* (FU) e mais de 40 pacientes avaliados retrospectivamente, demonstram que o grupo com a preservação do remanescente com a possível presença de mecanorreceptores apresenta um senso de posição e estabilidade do joelho melhor se comparado à ressecção do remanescente.

Crain et al.⁵⁹, em 2005, relatam diferentes tipos de remanescente do LCA com seus padrões de cicatrização, relacionando-os com a instabilidade pós-lesão. Descrevem quatro diferentes tipos de remanescentes, aqueles que cicatrizam no LCP, cicatrização no teto do intercôndilo, na face medial do côndilo lateral e retração do coto sem presença de tecido restante. Mostram ainda que a ressecção do LCA roto cicatrizado aumenta a translação anterior da tíbia antes da reconstrução do LCA, e esse aumento é maior nos casos de cicatrização na face lateral do fêmur.

Gohil et al.⁶⁰, em 2007, realizam um estudo randomizado para avaliação através de RM e resultado clínico de 49 pacientes divididos em grupo com a preservação do remanescente e sem. A avaliação é realizada com 2, 6 e 12 meses após o procedimento cirúrgico. Os autores encontram resultado semelhante entre os grupos em relação ao posicionamento dos túneis, incidência de ciclope, IKDC, teste de Lachman e arco de movimento. A única diferença que encontram é no grupo em que foi realizado um desbridamento mínimo do remanescente do LCA que apresentou uma revascularização mais precoce, mas não podem afirmar que isso acelere o processo de ganho de força do enxerto.

Lee et al.³⁸, em 2008, em estudo de preservação do remanescente e utilização dos tendões flexores quadruplos como enxerto, avaliam 16 pacientes divididos em dois grupos, de acordo com o tamanho do remanescente, >20% e <20%. Os autores concluem que a preservação ajuda no resultado funcional e na propriocepção e que quanto maior o remanescente do LCA na tíbia melhor será a preservação da propriocepção original.

Lee et al.³⁹, em 2009, em um estudo na análise do tecido remanescente do LCA, comparam o tecido do remanescente do LCA de 36 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com o tecido ligamentar do LCA de 2 joelhos pós-amputações de membros inferiores devido a trauma, e fazem a análise imuno-histoquímica. Os autores demonstram que apesar de menor quantidade existe sim a presença de mecanorreceptores no remanescente LCA.

Ochi et al.³⁴, em 2009, avaliam o resultado de 45 pacientes submetidos à reconstrução seletiva do LCA, mantendo a banda AM ou PL que estivesse preservada. Mostram que a preservação do remanescente e a reconstrução seletiva do LCA levaram à melhora da escala de Lysholm, do senso de posição do joelho e da estabilidade articular.

Sun et al.⁶², em 2013, avaliam o efeito do remanescente do LCA em 40 coelhos. Em um grupo, 2mm de remanescente é preservado na tíbia e no outro grupo todo remanescente é removido. Os autores relatam que no grupo com remanescente houve uma maior densidade vascular no enxerto, assim como maior score histológico e maior carga axial até a falha, todos esses estatisticamente significativos. Dessa forma concluem que a preservação da remanescente melhora a cicatrização do enxerto e as propriedades biomecânicas.

Takazawa et al.⁴¹, em 2013, na avaliação de 154 pacientes submetidos à reconstrução do LCA, divididos em grupo com a preservação e sem do remanescente do LCA, concluem que a preservação do remanescente leva a uma reabilitação mais fácil e a menor taxa de rerruptura.

Sonnery-Cottet et al.³⁵, em 2014, descrevem a técnica do “SAMBBA” (single-antemedial bundle biological augmentation) mantendo a inserção distal do semitendinoso na tíbia. Com a utilização de portais e instrumentos padrões, a técnica se baseia na preservação do remanescente do LCA com a melhora da vascularização e sinovial ao redor do enxerto.

Hu et al.⁶³, em 2014, realizam uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de evidenciar se a preservação do remanescente tem melhor desfecho clínico

que a técnica convencional. Avaliam a estabilidade final, scores clínicos, vascularização, propriocepção, alargamento dos túneis e índice de complicações sendo incluídos 13 estudos. Concluem que, na avaliação em curto prazo, a preservação do remanescente é comparável e talvez até superior à técnica convencional, mas ainda faltam evidências para indicação rotineira nas reconstruções.

Zhang et al.⁶¹, em 2014, procuram avaliar se a preservação do remanescente teria influência sobre o alargamento do túnel tibial na RLCA. Fazem um estudo prospectivo randomizado com 62 pacientes avaliados com raio-x com 1 semana de pós-operatório, 3, 6 e 24 meses, além da avaliação do score de Lysholm e o diferencial KT-1000. Os autores concluem com seu estudo que a preservação do remanescente apresentou um menor alargamento do túnel tibial estatisticamente significativo em relação ao grupo sem preservação, mas sem diferença em relação ao resultado clínico.

Kondo et al.⁶⁶, em 2015, analisam a função do remanescente do LCA roto na reconstrução com dupla banda. Avaliam 179 pacientes submetidos à RLCA com dupla banda e dividem em grupo sem preservação e com preservação, e neste último grupo utiliza a classificação de Crain⁵⁹ para determinar a quantidade e tamanho do remanescente. Os autores concluem que o resultado clínico não foi diferente em curto prazo, mas no grupo com remanescente a estabilidade foi significativamente maior e que a quantidade de tecido remanescente do LCA que cobria o enxerto interferiu na estabilidade final.

Fu et al.⁶⁴, em 2016, estudam o potencial de cicatrização do LCA após lesão aguda e sutura. Sua ideia foi pesquisar a presença de células mesenquimais no remanescente do LCA roto. Os autores isolam o remanescente do LCA roto de pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico e avaliam o potencial de osteogênese, adipogênese e diferenciação condrogênica, o que foi comprovado através de reação em cadeia de polimerase. Concluem que houve o crescimento de células mesenquimais no remanescente do LCA e que são possíveis fonte de células viáveis para regeneração ligamentar.

Tie et al.⁶⁵, em uma metanálise em 2016, tiveram como objetivo comparar o resultado clínico e complicações entre a preservação ou não do remanescente na RLCA, sendo incluídos 378 destes em seis estudos prospectivos randomizados. Não há diferença significativa entre os grupos no desfecho clínico ou nos scores de IKDC ou Lysholm, porém o grupo com preservação do remanescente apresenta um alargamento dos túneis significativamente menor.

Naraoka et al.⁶⁷, em 2017, questionam o real benefício da preservação do remanescente do LCA na cicatrização e no resultado clínico e levanta a hipótese de que a preservação melhore os resultados e acelere o processo de incorporação do enxerto. Dividem como remanescentes os pacientes que possuíam >25% de restos do LCA e de acordo com o tempo desde a lesão; já o outro grupo é formado por pacientes sem remanescente. Os autores não encontram diferença entre os grupos em relação ao desfecho clínico ou maturação do enxerto avaliado pela RM, como não houve diferença entre o tempo desde a lesão e o resultado.

Kirizuki et al.⁶⁸, em 2018, avaliam se os diferentes padrões de remanescente do LCA, descritos por Crain⁵⁹, têm o mesmo potencial de cicatrização. Coletam amostras de restos do LCA de pacientes com até 3 meses de lesão e dividem essas amostras em grupos que cicatrizaram, no LCP ou no fêmur, e grupo sem cicatrização, analisando a presença de células C34+ que têm potencial de proliferação e diferenciação. Os autores encontram um número bem maior de células no grupo sem cicatrização e, através de reação de cadeia de polimerase, concluem que esse grupo tem maior potencial de cicatrização.

Wang et al.⁵⁴, em 2018, também através de metanálise que incluía 412 pacientes, comparam o resultado da preservação do remanescente com a técnica convencional na RLCA. Encontram um resultado estatisticamente significativo melhor no grupo com preservação do remanescente, em relação ao score de Lysholm, e diferença da translação anterior com o lado contralateral. O score IKDC, teste de Pivot Shift, Lachman e índice de complicações não mostram diferença entre os grupos.

Panos et al.⁶⁹, em 2020, realizam uma revisão sistemática da literatura buscando a comparação através de RM da maturação do enxerto do LCA, entre

diferentes enxertos, e a preservação do remanescente. Concluem que enxertos diferentes apresentam tempo de maturação diferentes, que os tendões flexores, com ou sem a preservação do remanescente do LCA, apresentam uma maturação mais rápida que o tendão patelar, e que a RM pode ser um instrumento de avaliação pós-cirúrgica da deficiência biológica ou mecânica de enxertos com maior risco de falha.

Rothrauff et al.³⁶, em 2020, através de um levantamento da literatura sobre a preservação do remanescente do LCA, mostram que a preservação do remanescente do LCA na cirurgia de reconstrução leva a possíveis benefícios como revascularização e remodelação mais rápida do enxerto, melhora da propriocepção e menor alargamento dos túneis. Os autores não encontram mais complicações com a técnica de preservação do remanescente como ciclope, artrofibrose ou limitação da extensão, mas devido à heterogeneidade dos estudos, apesar da preservação ser promissora, não pode ser concluída como sendo uma técnica superior a não preservação.

3. MÉTODOS

3 MÉTODOS

Foi realizado um estudo prospectivo, não randomizado, de outubro de 2018 a dezembro de 2019, em pacientes com lesão do LCA submetidos a procedimento cirúrgico para reconstrução ligamentar, divididos em dois grupos. O grupo 1 foi composto de pacientes em que o remanescente tibial do LCA foi preservado e o grupo 2 (controle) em que o remanescente do LCA foi removido. Foi obtida a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de Marília em coparticipação da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CAAE: 97741118.0.3001.0065).

3.1 Critérios de seleção

3.1.1 Critérios de inclusão

Os critérios de inclusão foram pacientes com idade entre 17 e 55 anos, submetidos à reconstrução do LCA com os tendões flexores como enxerto, mantendo sua inserção tibial preservada^{35,70}, e que durante o procedimento tiveram preservado o remanescente em mais de 50% de sua espessura ou foram totalmente retirados.

3.1.2 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram cirurgias prévias, revisão da RLCA, procedimentos ósseos (osteotomia e reparo de menisco com túnel ósseos) associados à RLCA e reconstrução ou reparo de outros ligamentos no mesmo ato cirúrgico.

3.2 Critério de divisão dos grupos

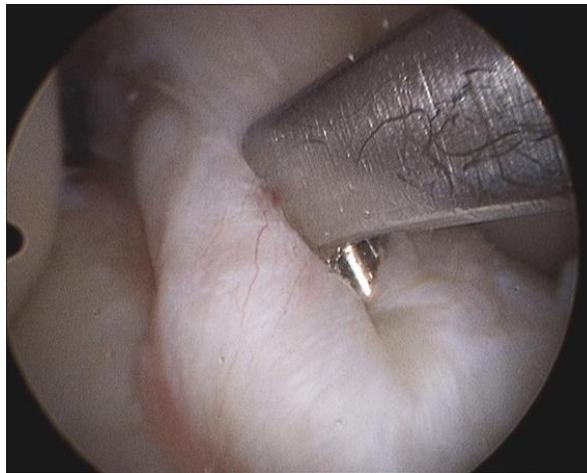
Os pacientes foram divididos de acordo com o remanescente do LCA presente observado durante o procedimento cirúrgico no momento da artroscopia inicial diagnóstica. O tamanho do remanescente foi avaliado com joelhos colocados a 90 graus de flexão e visualização realizada através do portal anteromedial. A extremidade livre do coto do LCA tibial foi agarrada e puxada em direção à origem femoral. Os remanescentes foram categorizados em $\leq 50\%$ ou $> 50\%$ do comprimento do LCA nativo, em relação ao eixo central do ligamento cruzado posterior. Apenas pacientes com grandes remanescentes ($> 50\%$ do comprimento do LCA nativo), de acordo com a classificação de **Buscayret et al.⁷¹ (2017)**, foram alocados ao grupo 1 de preservação do remanescente. Os remanescentes $\leq 50\%$ do comprimento nativo da LCA não foram preservados para evitar distorcer os resultados do estudo, incluindo pequenos remanescentes que dificilmente teriam o potencial de influenciar o posicionamento do túnel.

3.3 Técnica cirurgia

Pacientes do grupo 1 foram submetidos à perfuração tibial de acordo com a técnica de SAMMBA³⁵, mantendo todo o remanescente restante preservado e passando o enxerto por dentro do mesmo. Nessa situação, o posicionamento do fio-guia do túnel tibial não era observado pelo artroscópio quando este perfurava a tíbia e o posicionamento do guia era baseado no próprio centro do LCA restante (Figura 1,2). Quando havia qualquer alteração do remanescente próximo à inserção tibial devido a irregularidades das fibras restantes, eram $< 50\%$ do comprimento nativo ou era possível a visualização de pelo menos uma parte do *footprint* tibial, todo o LCA roto era removido até a visualização completa do *footprint* para a realização do túnel tibial, e nesses pacientes o próprio *footprint*, as espinhas tibiais, o ligamento cruzado posterior e a borda anterior do menisco lateral foram utilizados como parâmetro de localização e o túnel era realizado na região da banda anteromedial (AM) (Figura 3). Nos 2 grupos o guia tibial utilizado foi o mesmo com angulação fixa a 55 graus. A

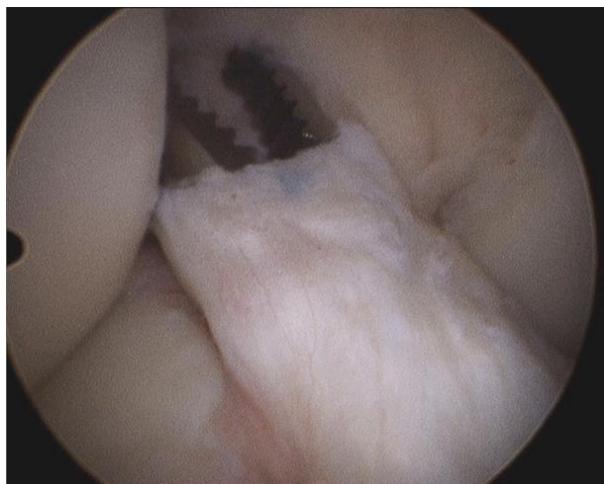
perfuração do túnel femoral foi sempre realizada de fora para dentro²⁵. O enxerto foi fixado com parafuso de interferência absorvível na tíbia e posteriormente no fêmur em 30 graus de flexão. Os pacientes tiveram alta hospitalar no mesmo dia e podiam deambular com muletas e carga parcial ou total dependendo do tratamento meniscal a que foram submetidos.

Figura 1 - Posicionamento do Guia com remanescente do LCA



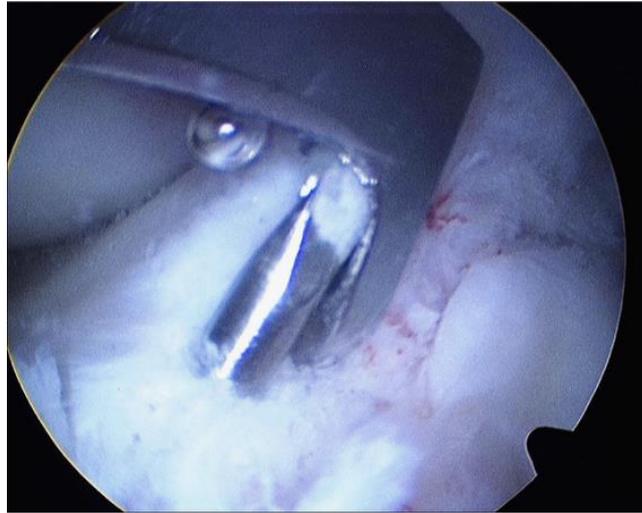
Fonte: Acervo pessoal.

Figura 2 - Preparação do trajeto por dentro do remanescente



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3 - Posicionamento do guia tibial sem remanescente



Fonte: Acervo pessoal.

3.4 Avaliação por imagens (tomografia 3D)

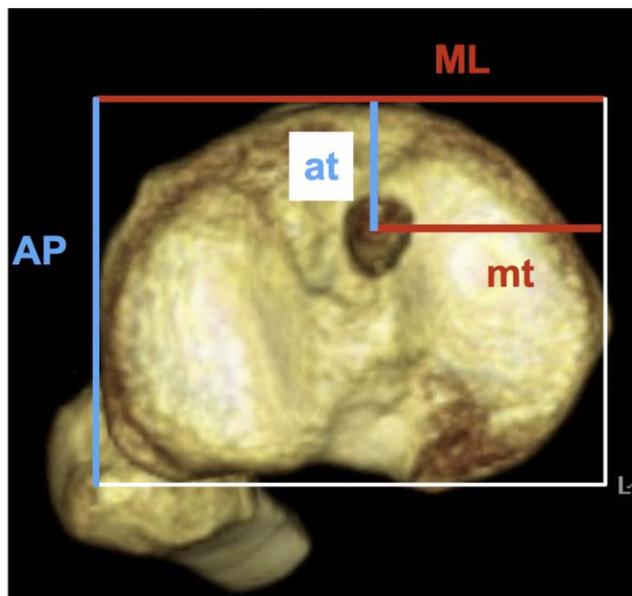
Entre 30 e 60 dias de pós-operatório, os pacientes foram submetidos a um exame de tomografia computadorizada através de um aparelho Toshiba Activion multislice de 16 canais, com cortes de 0,5mm por aquisição volumétrica e reconstrução 3D. Após a reconstrução 3D, foi isolado o corte axial mais proximal da tibia para a realização das medições.

3.5 Mensurações

Com a visualização superior da tibia, as medições foram realizadas localizando-se o centro do túnel tibial, a maior distância anteroposterior e a maior distância mediolateral. A aferição da localização do túnel foi determinada medindo-se a parte mais anterior da tibia até o centro do túnel em relação à maior medida anteroposterior, e da mesma forma da região medial até o centro do túnel sobre o maior tamanho mediolateral da tibia, semelhantemente à medição utilizada por **Tsukada et al.**⁵¹

(2008) através de fotografia axial da tíbia (Figura 4). Três avaliadores “cegos” realizaram duas medidas cada com um intervalo de ao menos 30 dias entre elas. Correlação intraobservador e entreobservador foram realizadas assim como a comparação entre os grupos.

Figura 4 - Mensuração do posicionamento do túnel tibial



Legenda: at (tíbia anterior até centro do túnel) mt (tíbia medial até centro do túnel); AP (tíbia anteroposterior); ML (tíbia mediolateral); At/AP (percentual de localização do túnel AP); mt/ML (percentual de localização do túnel ML).

A determinação de que se os túneis foram colocados anatomicamente ou não foi baseada em saber se o centro do túnel tibial estava dentro da faixa relatada em estudos anteriores, conforme resumido por **McConkey et al.⁷² (2012)**. Especificamente, se o centro do túnel tibial estava localizado entre 30% a 55% de anterior a posterior, e entre 40% a 51% de medial para lateral, foi classificado como sendo anatômico.

3.6 Análises estatísticas

Um cálculo de tamanho amostral para um teste de superioridade de desfecho binário foi realizado usando uma calculadora de tamanho de amostra on-line (sealedenvelope.com). O cálculo baseou-se na medida de desfecho primário de se uma posição de túnel tibial anatômico fosse alcançada de acordo com a TC-3D pós-operatório ou não. Foi determinado que 38 pacientes seriam necessários para se ter 80% de chance de detecção, com significância de 5%, uma redução na taxa de posicionamento não anatômico do túnel tibial (com base nos achados de **Pedneault et al.**⁷³ (2019) que recentemente relataram que 30% dos túneis tibiais estão completamente fora do *footprint* do LCA) para 0% no grupo de preservação remanescente.

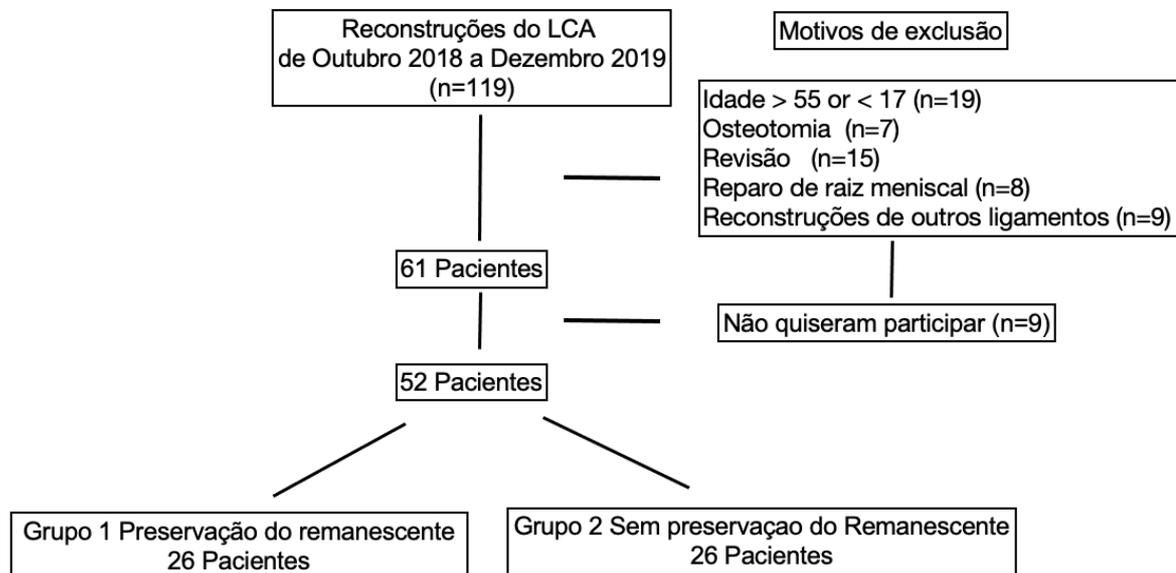
A versão 19.0 do software SPSS foi utilizada para todas as análises. O nível de significância foi fixado em 5%. As variáveis qualitativas foram descritas pela distribuição de frequência relativa (%) e absoluta (n). A relação entre variáveis qualitativas foi analisada utilizando-se os testes exatos qui-quadrado e fishers. As variáveis quantitativas foram descritas pela média e desvio padrão (SD). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para verificar a normalidade da distribuição. O teste t student foi usado para comparar meios. A confiabilidade inter e intraobservadora foi avaliada com o coeficiente de correlação intraclass e classificada de acordo com os critérios de **Cicchetti e Sparrow**⁷⁴ (1981). Para analisar o principal efeito da medida (tempo), do avaliador (1, 2 e 3) e do grupo (1 e 2), foi realizada uma ANOVA de medidas repetidas de dois fatores com base nos pressupostos de homogeneidade das matrizes de covariância pelo “Box test” e esfericidade pelo teste de Mauchly.

4. RESULTADOS

4 RESULTADOS

Cento e dezenove pacientes foram inicialmente incluídos neste estudo, mas 19 foram excluídos por não estarem de acordo com a idade. Outros sete pacientes foram submetidos à osteotomia associada ao RLCA, 15 realizaram cirurgia de revisão e oito apresentavam lesão da raiz meniscal onde foram realizados pontos transósseos e também foram excluídos, assim como nove pacientes que apresentavam lesões de outros ligamentos. Dos 61 pacientes restantes, nove não quiseram participar do estudo. Para avaliação final, restaram 52 pacientes que foram divididos em grupos de acordo com a preservação ou não do remanescente do LCA. Todo o fluxograma e o número de pacientes estão detalhados na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma do estudo



Dos 52 pacientes (26 em cada grupo), a média de idade da população do estudo geral foi de $32,5 \pm 9,5$ anos. Não houve diferenças significativas entre os grupos em relação à idade, sexo ou diâmetro médio do túnel tibial realizado durante o procedimento (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação de idade, sexo e tamanho médio do túnel entre os grupos

	Grupo (n=26)		Grupo (n=26)		p-valor
	1 Preservação (n=26)		2 Sem remanescente		
	Média	SD	Média	SD	
Idade (anos)	33.8	7.9	31.1	10.9	0.300*
Tamanho do túnel (mm)	8.4	0.6	8,3	0,7	0.378*
Gênero	N	%	N	%	
Masculino	22	84.6	20	76.9	0.486†
Feminino	4	15.4	6	23.1	

Nota: * p-valor calculado pelo teste T do Estudante para amostras não pareadas; † valor p calculado pelo teste de associação Chi-Square.

Não houve diferenças significativas nas posições médias do túnel AP e ML entre os grupos (Tabela 2). No grupo de preservação do remanescente, os valores médios foram de $36,8 \pm 5,5\%$ AP e $46,7 \pm 2,9\%$ ML, e no grupo controle foram $35,6 \pm 4,8\%$ AP e $47,3 \pm 2,3\%$ ML.

Tabela 2 - Posições médias do túnel relatadas para cada grupo, por cada observador

	Grupo Preservação 1 (n=26)				Grupo Sem remanescente 2 (n=26)				Anova p-valor
	1ª Avaliação		2ª Avaliação		1ª Avaliação		2ª Avaliação		
	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Significar	SD	
AP% O1	36.3	5.1	37.1	4.7	35.2	4	35.8	4.9	
AP% O2	36.5	5.9	36.3	5.5	35.5	4.9	36.1	5.3	
AP% O3	37.3	6	37.2	6.1	35.6	5	35.3	4.7	
Geral Média AP%, SD	36.8 5.5±				35.6 4.8±				0.134
ML% O1	47.3	2.3	46.8	3.3	47.7	1.9	47.4	2	
ML% O2	46.5	2.8	46.0	4.3	47.7	2.9	47.2	2.7	
ML% O3	46.7	2	46.6	2.1	46.9	1.8	46.8	1.7	
Média global ML%, SD	46.7 2.9±				47.3 2.3±				0.098

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação às posições gerais do túnel médio, AP (Posição do centro do túnel tibial definida pela distância de anterior para posterior como uma porcentagem do comprimento anteroposterior geral do planalto tibial), ML (Posição do centro do túnel tibial definida pela distância do medial ao lateral como uma porcentagem da largura mediolateral geral do planalto tibial), O1 (Observador 1), O2 (Observador 2), O3 (Observador3).

A confiabilidade intraobservador variou entre a confiabilidade de bom a excelente, e a confiabilidade entreobservador de moderada a excelente (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficiente de correlação intraobservador e interobservador intraclass (ICC) para % AP e % ML

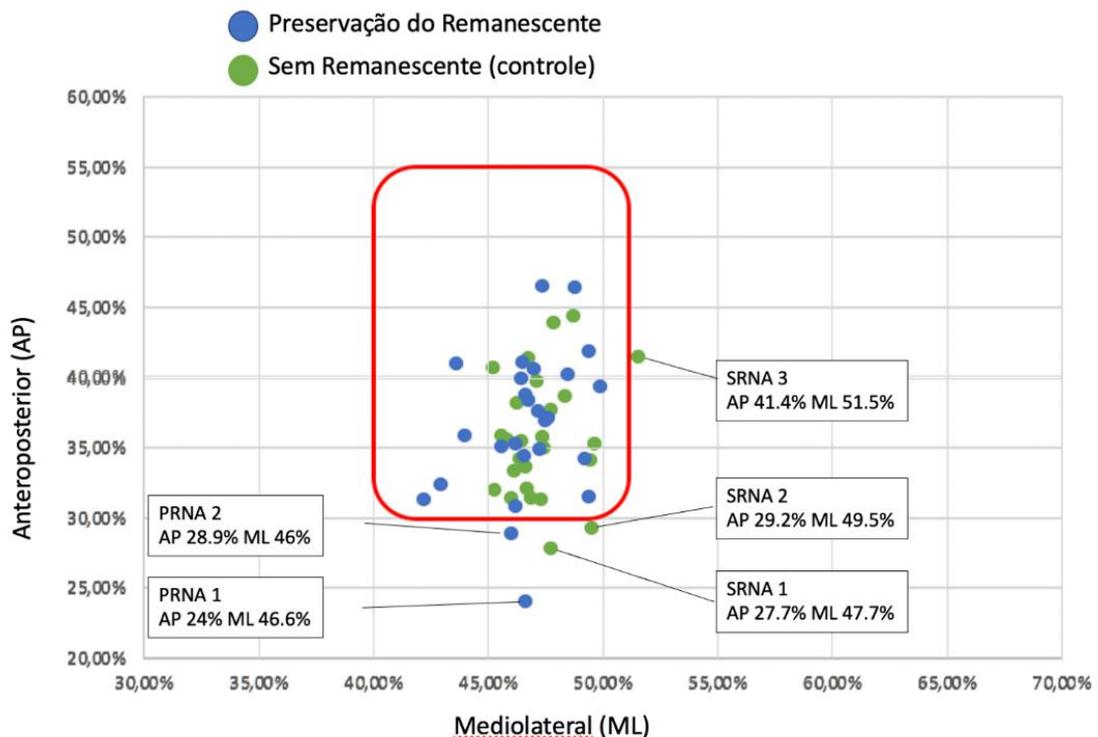
		ICC	CI 95%		Classificação cicchetti
			Abaixar	Superior	
Confiabilidade intraobservador					
% AP	O1 - E1 versus E2	0.846*	0.737	0.913	Excelente
	O2 - E1 versus E2	0.888*	0.805	0.936	Excelente
	O3 - E1 versus E2	0.995*	0.991	0.997	Excelente
%ML	O1 - E1 versus E2	0.698*	0.321	0.775	Bom
	O2 - E1 versus E2	0.554*	0.225	0.744	Bom
	O3 - E1 versus E2	0.978*	0.961	0.987	Excelente
Confiabilidade entre observadores					
% AP	O1 versus O2	0.971*	0.950	0.983	Excelente
	O1 contra O3	0.897*	0.820	0.941	Excelente
	O2 contra O3	0.951*	0.914	0.972	Excelente
%ML	O1 versus O2	0.857*	0.753	0.918	Excelente
	O1 contra O3	0.497*	0.130	0.711	Moderado
	O2 contra O3	0.803*	0.658	0.887	Excelente

Nota: * indica concordância significativa pelo coeficiente de correlação intraclass do observador para \leq de valor p 0,05. Intervalo de confiança de 95% (IC) para ICC. Classificação para ICC segundo Cicchetti (1994). Avaliação Primária (E1). Reavaliação (E2). Observador 1 (O1). Observador 2 (O2); Observador 3 (O3).

Os dados de posicionamento do túnel são apresentados graficamente com uma dispersão dos locais médios do centro do túnel tibial registrado para cada paciente na

(Figura 6). Dois (7,7%) pacientes do grupo RP e três (11,5%) no grupo controle atenderam aos critérios para um túnel considerado não anatômico. A área dentro da linha vermelha identifica as posições consideradas anatômicas, de acordo com os critérios de **McConkey et al.⁷² (2012)**. A localização precisa desses túneis mal posicionados também é mostrada na dispersão. Uma análise da direção da má posição em cada um desses pacientes é resumida na (Tabela 4). Não houve diferença significativa entre os grupos quando se considera a taxa ou direção da posição não anatômica.

Figura 6 - Localização média do túnel de cada paciente



Posição anatômica McConkey: AP 30 – 55%, ML 40-51%; PRNA (Grupo preservação do remanescente - túnel não anatômico); SRNA (Grupo sem remanescente - túnel não anatômico).

Tabela 4 - Número total de pacientes em cada grupo com um túnel não anatômico e a direção em que ocorreu a má posição (teste exato de Fishers)

Direção de má posição	Grupo RP	Grupo RA	p-valor
	n	n	
Somente anterior	2	2	1.000
Somente medial	0	0	
Somente lateral	0	1	1.000
Tanto anterior quanto lateral	0	0	
Tanto anterior quanto medial	0	0	
Total	2	3	1.000

5. DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

O principal achado deste estudo foi que não houve diferença significativa no posicionamento do túnel tibial entre o grupo com a preservação do remanescente do LCA e o grupo sem a preservação. O mesmo ocorreu em relação à taxa de posicionamento considerado não anatômico do túnel, determinada pelo TC-3D pós-operatório, independentemente de um remanescente tibial ter sido preservado ou não. Embora não sejam diretamente comparável, as taxas de posicionamento não anatômico com base nas posições médias de túneis (7,7% no grupo de preservação remanescente e 11,5% no grupo sem remanescente) parecem ser baixas quando comparadas à taxa de 22% de túneis tibiais não anatômicos relatados por **McConkey et al.**⁷² (2012) quando utilizados os mesmos critérios. A baixa taxa de túneis não anatômicos do grupo RP é consistente com **Buscayret et al.**⁷¹ (2017) que demonstraram que preservar grandes remanescentes não compromete o posicionamento do túnel. Entretanto, em contraste com a hipótese do estudo, a preservação dos remanescentes da LCA não resultou em uma taxa reduzida de túneis tibiais não anatômicos quando comparada à ablação dos restos do LCA e utilização de marcos cirúrgicos padrão.

Foi um achado inesperado que 7,7% (2/26) dos pacientes do grupo de preservação do remanescente tiveram túneis classificados como não anatômicos, pois no intraoperatório o enxerto foi passado por dentro do remanescente e, portanto, o túnel deveria estar dentro do *foot print*. Com base nisso, deve-se considerar que em três pacientes os túneis foram identificados como apenas fora dos limites de corte (dentro de <1,5%). Pode-se argumentar que tais pequenos desvios do corte caem dentro ou perto do erro esperado das ferramentas de medição TC-3D, que têm uma precisão relatada de aproximadamente 0,3mm⁷⁵, e, portanto, são improváveis de serem clinicamente relevantes. No entanto, deve-se notar também que em ambos os pacientes com um túnel mal posicionado no grupo RP, os túneis foram posicionados anteriormente à posição considerada anatômica de acordo com a TC-3D. Outra explicação potencial para esses achados é o formato das fibras mais anteriores do LCA^{15,17,19,21}. É possível que um túnel anteriormente “mal posicionado” possa ser escondido por essas fibras anteriores, mas ainda assim permitir a passagem do

enxerto inteiramente dentro do remanescente, apesar disso parecer pouco provável uma vez que essas fibras inseridas na borda do *foot print* são muito suscetíveis à lesão na perfuração se o túnel estiver mal posicionado. Além disso, a taxa de mau posicionamento anterior não foi significativamente diferente no grupo controle, apesar da completa ablação do remanescente, sugerindo, portanto, que uma explicação alternativa que deve ser considerada é a variedade de formas e tamanhos de inserção tibial do LCA^{15,76}.

Vale ressaltar que no presente estudo o alvo da perfuração do túnel tibial com a presença do remanescente ou sem foi a região da banda anteromedial. De acordo com **Kato et al.**⁷⁷, que compararam diferentes posicionamentos de túnel no fêmur e na tibial, o que mais se assemelhou ao LCA normal foi o posicionamento na banda AM no fêmur e na tibial. Além desse estudo biomecânico, **Smigielski et al.**⁷⁶ citaram em sua descrição da anatomia do LCA que **Clatworthy**⁷⁸, ao posicionar os túneis do LCA na região central do fêmur e tibia, apresentou 3.5 vezes mais riscos de falha e da necessidade de uma revisão comparado ao posicionamento na região da banda AM.

Talvez uma explicação mais robusta para a disparidade entre a observação intraoperatória e a má posição do túnel identificada pelo TC-3D esteja na falta de dados normativos e consensuais sobre o que exatamente constitui uma posição anatômica. Embora os critérios publicados recentemente⁷² tenham sido utilizados para classificar posições anatômicas e não anatômicas, o resultado inesperado levou a uma revisão da correlação entre a anatomia do LCA e os critérios de imagem. O apêndice A demonstra que, para o conhecimento dos autores, apenas três estudos anteriores mapearam a inserção do LCA tibial com a TC-3D, compreendendo um total de apenas 46 pacientes^{17,20,51,53,72,79-85}. Esse pequeno número exclui uma estimativa confiável do alcance real que pode ser encontrado na prática clínica, particularmente quando várias morfologias diferentes da inserção tibial foram relatadas (triangular, oval, em forma de C). De acordo com **Smigielski et al.**⁷⁶, em mais de 60% dos casos a inserção tibial do LCA é em forma de "C", ao longo da borda da espinha tibial até a o menisco lateral, formando uma concavidade e não existindo fibras ligamentares na sua região central. Além disso, quando consideradas todas as modalidades de

imagem, a faixa de médias varia de 24,6 a 62,1% de anterior para posterior e de 40-55% de medial para lateral.

De acordo com **Takahashi et al.**⁸⁴, que avaliaram a inserção tibial através de RM, o centro da banda AM na tíbia está localizado na região de 28,6% sendo que o limite mais anterior, segundo **Stäubli e Rauschnig**⁵³, se estende até 24,6%. Se o presente estudo tivesse usado essa gama mais ampla, todo túnel teria sido classificado como anatômico. No entanto, usar uma gama tão ampla pode resultar em classificar um túnel como anatômico quando a variação individual na morfologia e localização da inserção significa que um túnel pode errar completamente, ou apenas se sobrepor parcialmente ao *foot print*, mas ainda estar dentro dessa ampla gama de valores. Uma estratégia alternativa é usar a ressonância magnética de ambos os joelhos para avaliar a posição do túnel. **Pedneault et al.**⁷³ relataram que, usando essa estratégia, identificaram que em 30% dos pacientes o túnel tibial perdeu completamente a inserção correta, e em outros 25% dos pacientes houve menos de 50% de sobreposição com o *foot print*. Pedneault et al.⁷³ concluíram que há espaço para melhoria no posicionamento do túnel e que isso deve ser individualizado para cada paciente. Esses achados, juntamente com os do presente estudo, sugerem que, apesar de seu uso clínico generalizado e da aceitação como padrão-ouro para determinar a posição do túnel pós-operatório, a TC-3D pode não ser um método confiável para determinar se o túnel está anatomicamente posicionado para um paciente individual e um estudo mais aprofundado é necessário a esse respeito.

No estudo recente de **Kosy et al.**⁸⁶, os autores avaliaram a acurácia e precisão do túnel tibial em grupo com a preservação dos remanescentes e grupo controle utilizando as posições médias de AP (38,7%) e ML (49,1%) determinadas por **Lertwanich et al.**⁸⁷ como padrão de referência. Os autores não relataram diferenças significativas entre os grupos em relação a essas métricas e, portanto, seu trabalho é consistente com os achados do presente estudo. No entanto, de acordo com a variação relatada do centro do *foot print* anatômico quando correlacionado com a TC-3D, não é de surpreender que **Kosy et al.**⁸⁶ relatam uma acurácia entre 4,8 e 6,1%, e uma precisão entre 2,8 e 3,9% ao usar um ponto específico como padrão de referência. Pode-se argumentar que essas métricas são utilizadas incorretamente porque nenhuma das medidas intraoperatórias, ou referências utilizadas, realmente

procurou alcançar essa posição específica que só foi identificada na tomografia pós-operatória. Recentemente, **Cremer et al.**⁸⁸ tentaram resolver esse problema avaliando a posição do túnel pós-operatório usando uma grade posicionada de acordo com referências ósseas vistas intraoperatoriamente. Embora a técnica seja de interesse, atualmente há dados limitados para apoiar sua validade e mais estudos são necessários.

É a opinião do autor que a disparidade entre a observação intraoperatória de um túnel tibial perfurado inteiramente dentro do remanescente e a TC-3D pós-operatória, sugerindo mau posicionamento, se deve à falta de dados normativos e à evidência da limitação da avaliação desse posicionamento. Isso é particularmente importante do ponto de vista médico devido às possibilidades de se classificar incorretamente um túnel como não anatômico. Cirurgiões e radiologistas devem estar cientes dessa limitação dos critérios de TC-3D na avaliação do posicionamento do túnel, e também que variações anatômicas podem existir fora da faixa "normal".

De acordo com **Naraoka et al.**⁶⁷ e **Rothrauff et al.**³⁶, a preservação do remanescente do LCA durante sua reconstrução leva a resultados funcionais semelhantes à reconstrução tradicional com a limpeza de todo o resto do LCA e visualização completa da inserção tibial, sendo necessário mais estudos para justificar sua realização, uma vez que pode prejudicar o posicionamento dos túneis ósseos e comprometer o resultado da cirurgia segundo **Rayan et al.**⁴⁶. Apesar de resultados semelhantes, os grupos **Zhang et al.**⁶¹ e **Tie et al.**⁶⁵ demonstraram que a preservação do remanescente leva a um menor alargamento dos túneis ósseos na reconstrução do LCA.

Por outro lado, vários estudos confirmam a presença de mecanorreceptores no remanescente do LCA^{32,38,39} e que sua preservação leva a um melhor controle da estabilidade e do senso de posição de acordo com **Ochi et al.**³⁴ e melhor cicatrização do enxerto^{62,68}. Além das vantagens biológicas, **Takazawa et al.**⁴¹ encontraram uma reabilitação mais fácil nos pacientes com a preservação do remanescente e um menor índice de rerruptura do enxerto se comparado à reconstrução com remoção dos restos, assim como o estudo de **Wang et al.**⁵⁴ em que os pacientes tiveram um score de Lysholm mais elevado. Devido às vantagens da preservação do remanescente do

LCA e de acordo com o nosso estudo, que não houve alteração do posicionamento do túnel tibial, acreditamos que deve ser realizado sempre que possível.

No nosso estudo não realizamos a comparação de posicionamento do túnel femoral entre os grupos, uma vez que realizamos em todos os casos a perfuração femoral de fora para dentro e a preservação do remanescente tibial não comprometeu a correta visualização do posicionamento do guia femoral.

A principal limitação do presente estudo foi que há dados publicados limitados correlacionando medições de TC-3D e a inserção tibial real do LCA. Isso é agravado pelo fato de que é relatada grande variação interindividual na morfologia e posição da anatomia. Isso sugere que, embora a TC-3D seja frequentemente usada para determinar a posição do túnel, ela pode não ser confiável na avaliação do mau posicionamento. Outra limitação é que a ressonância magnética pós-operatória bilateral de acordo com a metodologia do **Pedneault et al.**⁷³ não foi realizada e isso poderia ter ajudado a esclarecer se os túneis eram anatômicos ou não. Além disso, outros riscos potenciais de viés foram que o estudo não foi randomizado, e que apenas um único cirurgião experiente decidiu a alocação de grupo para os pacientes. No entanto, foram feitas tentativas de minimizar o viés utilizando-se o sistema de classificação de **Buscayret et al.**⁷¹ para determinar a divisão dos grupos. Outras limitações incluem que os desfechos clínicos não foram comparados entre os grupos e as diferenças no tamanho dos pacientes não foram consideradas em nenhuma avaliação. Finalmente, a literatura demonstra falta de concordância sobre a posição ideal do túnel tibial de banda única como resultado.

Considerando os achados desta tese, a preservação do remanescente do LCA pode ser utilizada como parâmetro de localização do túnel tibial, uma vez que mostrou o mesmo posicionamento de quando todo o remanescente foi removido e a visualização completa da inserção tibial. Dessa forma, amplia-se as perspectivas futuras de novos tratamentos do LCA preservando a biologia presente no remanescente, possibilitando casos de sutura ligamentar e reforços intra-articulares sem comprometer o posicionamento correto do túnel tibial.

6. CONCLUSÃO

6 CONCLUSÃO

A perfuração inteiramente dentro do remanescente tibial do LCA, usando uma técnica de preservação dos restos ligamentares, não apresentou diferença em relação ao posicionamento do túnel tibial determinado pela TC-3D pós-operatória, quando comparada à remoção total dos remanescentes do LCA e utilização de referências-padrão.

7. APÊNDICES

7 APÊNDICES

Apêndice A – Estudos anatômicos.

Autor	Medição	n	Centro de ACL Tibial			
			at/AP	GAMA	mt/ML	GAMA
Lorenz 2009	CT	12	37±3	31-41	52±2	47-55
Tampere 2016	CT	8	39,7±2,9		49,3±2,1	
Parkinson 2015	CT	26	38±2		48±2	
Parkinson 2015	RESSONÂNCIA	76	39±3		48±2	
Colombet 2006	XR	7	36±3,8			
Zantop 2008	XR	20	30			
Petrini 2011	XR	12	37,7±6,6		48±3	
Tsukada 2008	FOTOGRAFIA	36	37,6 ±3,6		46,5±3,2	
Iriuchishima 2010	FOTOGRAFIA	15	31±3		49±4	
Edwards 2007	FOTOGRAFIA	55	36	29-46	43	
Takahashi 2006	FOTOGRAFIA	31	28,6±5,3		44.2±2.4	
Takahashi 2006	RESSONÂNCIA	23 m	44.1	28.3-59.9		
Takahashi 2006	RESSONÂNCIA	12 f	43.7	27.4-60.0		
Staubli 1994	MRA	5	43	24.6-62.1		

Legenda: Tomografia computadorizada ct; Ressonância magnética ressonância magnética; Radiografia XR; Artrografia de ressonância magnética mra.

Apêndice B – Termo de ciência e consentimento livre e esclarecido para participação em estudo clínico.

Termo de ciência e consentimento livre e esclarecido para participação em estudo clínico.

Eu (*nome*) _____ (*idade*) _____, (*estado civil*) _____, (*profissão*) _____, (*endereço*) _____,

(*CPF*) _____, (*telefone*) _____ estou sendo convidado a participar de um estudo denominado: **Posicionamento do túnel tibia na reconstrução do ligamento cruzado anterior com e sem remanescente**, cujos objetivos e justificativas são: confirmar se a localização do túnel tibial na reconstrução do ligamento cruzado anterior com e sem a presença de remanescente são semelhantes.

A minha participação no referido estudo será no sentido de realizar um exame de tomografia computadorizada, para avaliar o posicionamento do túnel tibial realizado durante o procedimento de reconstrução do ligamento.

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como a aferição da localização exata dos túneis realizados.

Recebi, por outro lado, os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos da realização do exame, estando ciente que não sofrerei nenhum prejuízo físico, uma vez que a incidência é localizada no joelho.

Estou ciente que o procedimento a que fui submetido já é uma técnica consagrada em todo o mundo segundo a literatura médica e procedimento de rotina do cirurgião por mim escolhido, não havendo nada experimental.

Ciente que a realização dos exames não me caberá nenhum ônus financeiro.

Sei que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma me identificar, será mantido em sigilo.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e por desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

O pesquisador envolvido com o referido projeto é o Dr. Vitor Barion Castro de Padua, docente do corpo clínico do Hospital Universitário e com ele poderei manter contato pelos telefones 14-991239932 e 14-34322405, sempre que necessário.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências. Enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Portanto, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Marília, ____ de _____ de 2019.

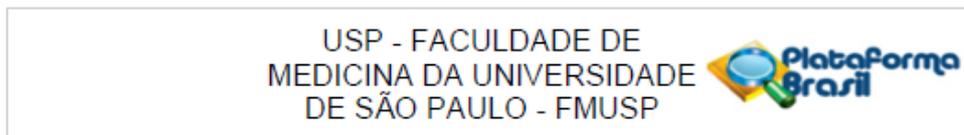
Nome e assinatura do sujeito da pesquisa

Nome(s) e assinatura(s) do(s) pesquisador(es) responsável(es)

8. ANEXOS

8 ANEXOS

Anexo A - Carta de aprovação do Comitê de Ética.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Comparação do posicionamento do túnel tibial na reconstrução do ligamento cruzado anterior com e sem remanescente

Pesquisador: Vitor Barion Castro de Pádua

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 97741118.0.3001.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.241.877

Apresentação do Projeto:

A reconstrução anatômica do ligamento cruzado anterior (LCA) tem como objetivo se obter um enxerto com as características biomecânicas e biológicas próximas ao LCA original. O mais importante é a confecção dos túneis ósseos na localização correta no fêmur e na tibia (foot print), sendo a região da banda ântero-medial (BAM) a que mais se aproxima da isometria e biomecânica do LCA normal. Uma vez bem posicionado o enxerto, a preservação do remanescente do LCA lesionado pode contribuir para a um substrato biológico ao enxerto. Segundo a literatura, no remanescente do LCA existe a presença de mecanorreceptores que contribuem para propriocepção, assim como a presença de vasos sanguíneos que uma vez preservados podem ajudar na integração do enxerto que substitui o ligamento roto. Alguns autores defendem ainda que a preservação do remanescente pode ter uma contribuição mecânica na reconstrução ligamentar. Porém, a presença do remanescente, apesar dos benefícios de serem mantidos durante o procedimento como a parte biológica (vascularização e propriocepção) e a contribuição mecânica na resistência, pode, segundo alguns autores, cobrir a inserção anatômica do LCA, principalmente na tibia e atrapalhar o correto posicionamento do túnel tibial. Os autores hipotetizam neste projeto que o posicionamento correto do túnel tibial na reconstrução do LCA com ou sem preservação do remanescente seja atingido de forma semelhante. Para isso, serão criados 2 grupos de 26 pacientes que foram submetidos a reconstrução do LCA e

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.248-903
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 3.241.877

dividi-los em grupo com remanescente e grupo sem remanescente do ligamento, de acordo com a condição de cada joelho no momento da cirurgia. Uma vez divididos, deve ser realizado um exame de tomografia computadorizada com reconstrução 3 D para a aferição do posicionamento do túnel tibial em relação a distancia antero-posterior e médio-lateral e comparar os grupos. Todos os pacientes serão operados pelo mesmo cirurgião (VBCP) e 2 examinadores realizarão as medidas através das TC3D, sem saberem a qual grupo pertencem. Nesse estudo não será realizado nenhuma técnica experimental, ou mudança de técnica de forma aleatória. Vamos apenas selecionar os pacientes de acordo com o procedimento que foram submetidos (preservação ou não do remanescente) e realizar o exame de tomografia entre 30 e 60 dias após a cirurgia. A Amostra foi calculada pelo G*Power, version 3.1.9.2 (Franz Faul, Universität Kiel, Germany) para comparação da média de dois grupos independentes. O tamanho da amostra considerando uma margem de erro do tipo I (α) de 5%, um poder de estudo de 80% e um tamanho de efeito grande (0,80), indica a necessidade de uma amostra de 26 elementos amostrais por grupo (total 52).

Objetivo da Pesquisa:

Comparar o posicionamento do túnel tibial através de tomografia computadorizada e reconstrução 3D (TC3D) entre dois grupos de pacientes submetidos à reconstrução do LCA com e sem a preservação do remanescente ligamentar.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Presença de risco minimo uma vez que, nesse estudo não será realizado nenhuma técnica experimental, ou mudança de técnica de forma aleatória. Vamos apenas selecionar os pacientes de acordo com o procedimento que foram submetidos (preservação ou não do remanescente) e realizar o exame de tomografia entre 30 e 60 dias após a cirurgia.

Benefícios: O participante da pesquisa poderá esperar alguns benefícios, tais como a aferição da localização exata dos tuneis realizados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de pesquisa relevante do ponto de vista clínico e científico.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termos adequadamente apresentados de acordo com as normas e exigências do CEP/CONEP.

Recomendações:

Sem recomendações

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.246-903
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

Página 02 de 03

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 3.241.877

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto está adequado às normas éticas do CEP. Ao término da pesquisa é necessária a apresentação de relatório final. Os relatórios parciais deverão estar de acordo com o cronograma e/ou parecer emitido pelo CEP. Alterações na metodologia, título, inclusão ou exclusão de autores, cronograma e quaisquer outras mudanças que sejam significativas deverão ser previamente comunicadas a este CEP sob risco de não aprovação do relatório final.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TC.doc	05/09/2018 13:44:43	Vitor Barion Castro de Pádua	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO.docx	27/08/2018 20:37:23	Vitor Barion Castro de Pádua	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

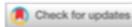
SAO PAULO, 03 de Abril de 2019

Assinado por:

Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador(a))

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.246-903
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

Anexo B – Artigo publicado no periódico Orthopaedic Journal of Sports Medicine.



Original Research

Rate of Tibial Tunnel Malposition Is Not Changed by Drilling Entirely Within the Stump of Preserved Remnants During ACL Reconstruction

A Prospective Comparative 3D-CT Study

Vitor Barion C. de Padua,^{*,†} MD, Adnan Saithna,[‡] MD, Eduardo Federighi B. Chagas,[†] MD, Tereza Lais M. Zutin,[†] MD, Lucas Fernandes Piazzalunga,[†] MD, Luis Fernando Patriarcha,[†] MD, Paulo Jose de Lorenzetti Gelas,[§] MD, and Camilo P. Helito,^{||¶} MD, PhD

Investigation performed at Hospital Beneficente Unimar, University of Marília, Marília, Brazil

Background: Remnant preservation during anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction (ACLR) is controversial, and it is unclear whether the stump aids or obscures tibial tunnel positioning.

Purpose/Hypothesis: The aim of this study was to determine whether the rate of tibial tunnel malposition is influenced by remnant preservation. The hypothesis was that using a remnant-preserving technique to drill entirely within the tibial stump would result in a significant reduction in tibial tunnel malposition as determined by postoperative 3-dimensional computed tomography (3D-CT).

Study Design: Cohort study; Level of evidence, 2.

Methods: Patients undergoing ACLR between October 2018 and December 2019 underwent surgery with a remnant-preserving technique (RP group) if they had a large stump present (>50% of the native ACL length) or if there was no remnant or if it was <50% of the native length of the ACL, they underwent remnant ablation (RA group) and use of standard landmarks for tunnel positioning. The postoperative tunnel location was reported as a percentage of the overall anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) dimensions of the tibia on axial 3D-CT. The tunnel was classified as anatomically placed if the center lay between 30% and 55% of the AP length and between 40% and 51% of the ML length.

Results: Overall, 52 patients were included in the study (26 in each group). The mean tunnel positions were 36.8% ± 5.5% AP and 46.7% ± 2.9% ML in the RP group and 35.6% ± 4.8% AP and 47.3% ± 2.3% ML in the RA group. There were no significant differences in the mean AP ($P = .134$) and ML ($P = .098$) tunnel positions between the groups. Inter- and intraobserver reliability varied between fair to excellent and good to excellent, respectively. There was no significant difference in the rate of malposition between groups (RP group, 7.7%; RA group, 11.5%; $P \geq .999$).

Conclusion: Drilling entirely within the ACL tibial stump using a remnant-preserving reconstruction technique did not significantly change the rate of tunnel malposition when compared with stump ablation and utilization of standard landmarks.

Keywords: ACL reconstruction; computed tomography; ACL tunnel position; remnant preservation; anatomic ACL reconstruction

It is well-recognized that incorrect placement of tunnels during anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction (ACLR) adversely influences knee kinematics and clinical outcomes, including graft failure rates.^{22,25,31} Jaeger et al¹⁷ recently reported that 40% of patients undergoing revision ACLR had a malpositioned tibial tunnel. Although there are numerous factors that could influence the rate of

tunnel malposition, it is clear that it occurs frequently, and even experienced surgeons can have difficulty with correct placement intraoperatively.^{1,24,34}

It has been suggested that preserving the ACL tibial remnant can aid correct tibial tunnel positioning by providing an important and reliable intraoperative landmark.⁴ It has also been reported that remnant preservation offers the advantages of reduced postoperative tunnel widening,³³ a greater intrinsic potential for healing, better graft vascularization, preservation of proprioceptive nerve fibers,^{2,13,15,27} better knee stability,^{3,35} and reduced rates

The Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 9(10), 23259671211037324
DOI: 10.1177/23259671211037324
© The Author(s) 2021

This open-access article is published and distributed under the Creative Commons Attribution - NonCommercial - No Derivatives License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>), which permits the noncommercial use, distribution, and reproduction of the article in any medium, provided the original author and source are credited. You may not alter, transform, or build upon this article without the permission of the Author(s). For article reuse guidelines, please visit SAGE's website at <http://www.sagepub.com/journals-permissions>.

de Padua VBC, Saithna A, Chagas EFB, Zutin TLM, Piazzalunga LF, Patriarcha LF, Gelas PJJ, Helito CP. Rate of tibial tunnel malposition is not changed by drilling entirely within the stump of preserved remnants during ACL reconstruction: a prospective Comparative 3D-CT study. Orthop J Sports Med. 2021 Oct 6;9(10):23259671211037324.

9. REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

1. Paschos NK, Howell SM. Anterior cruciate ligament reconstruction: principles of treatment. *EFORT Open Rev.* 2017;1(11):398-408.
2. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR Jr, Paletta GA Jr. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014;42(10):2363-70.
3. George MS, Dunn WR, Spindler KP. Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):2026-37.
4. Samitier G, Marcano AI, Alentorn-Geli E, Cugat R, Farmer KW, Moser MW. Failure of anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Bone Jt Surg.* 2015;3(4):220-40.
5. Zantop T, Petersen W. Double bundle revision of a malplaced single bundle vertical ACL reconstruction: ACL revision surgery using a two femoral tunnel technique. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(11):1287-94.
6. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014;48(21):1543-52.
7. Lind M, Menhert F, Pedersen AB. Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish registry for knee ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2012;40(7):1551-7.
8. Trojani C, Sbihi A, Djian P, Potel JF, Hulet C, Jouve F, Bussi ere C, Ehkirch FP, Burdin G, Dubrana F, Beaufils P, Franceschi JP, Chassaing V, Colombet P, Neyret P. Causes for failure of ACL reconstruction and influence of meniscectomies after revision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):196-201.
9. Khalfayan EE, Sharkey PF, Alexander AH, Bruckner JD, Bynum EB. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1996;24(3):335-41.
10. Pinczewski LA, Salmon LJ, Jackson WF, von Bormann RB, Haslam PG, Tashiro S. Radiological landmarks for placement of the tunnels in single-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(2):172-9.
11. MARS Group, Wright RW, Huston LJ, Spindler KP, Dunn WR, Haas AK, Allen CR, Cooper DE, DeBerardino TM, Lantz BB, Mann BJ, Stuart MJ. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1979-86.

12. Harner CD, Poehling GG. Double bundle or double trouble? *Arthroscopy*. 2004;20(10):1013-4.
13. 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*. 2008;36(11):2083-90.
14. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Kitamura N, Tanabe Y, Tohyama H, Minami A. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy*. 2004;20(10):1015-25.
15. Ferretti M, Doca D, Ingham SM, Cohen M, Fu FH. Bony and soft tissue landmarks of the ACL tibial insertion site: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012;20(1):62-8.
16. Yamamoto Y, Hsu WH, Woo SL, Van Scyoc AH, Takakura Y, Debski RE. Knee stability and graft function after anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of a lateral and an anatomical femoral tunnel placement. *Am J Sports Med*. 2004;32(8):1825-32.
17. Zantop T, Wellmann M, Fu FH, Petersen W. Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: anatomic and radiographic findings. *Am J Sports Med*. 2008;36(1):65-72.
18. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, Malamou-Mitsi V, Pappa S, Papageorgiou CO, Agnantis NJ, Soucacos PN. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001;9(6):364-8.
19. Guenther D, Irrarrázaval S, Nishizawa Y, Vernacchia C, Thorhauer E, Musahl V, Irrgang JJ, Fu FH. Variation in the shape of the tibial insertion site of the anterior cruciate ligament: classification is required. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(8):2428-32.
20. Colombet P, Robinson J, Christel P, Franceschi JP, Djian P, Bellier G, Sbihi A. Morphology of anterior cruciate ligament attachments for anatomic reconstruction: a cadaveric dissection and radiographic study. *Arthroscopy*. 2006 Sep;22(9):984-92.
21. Fu FH, Jordan SS. The lateral intercondylar ridge - a key to anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(10):2103-4.
22. Järvelä T. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2007;15(5):500-7.

23. Muneta T, Koga H, Mochizuki T, Ju YJ, Hara K, Nimura A, Yagishita K, Sekiya I. A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*. 2007;23(6):618-28.
24. Garofalo R, Moretti B, Kombot C, Moretti L, Mouhsine E. Femoral tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction: rationale of the two incision technique. *J Orthop Surg Res*. 2007;2:10.
25. Garofalo R, Mouhsine E, Chambat P, Siegrist O. Anatomic anterior cruciate ligament reconstruction: the two-incision technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14(6):510-6.
26. Sutter EG, Anderson JA, Garrett WE Jr. Direct visualization of existing footprint and outside-in drilling of the femoral tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction in the knee. *Arthrosc Tech*. 2015;4(2):e107-13.
27. Marchant BG, Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C. Prevalence of nonanatomical graft placement in a series of failed anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med*. 2010;38(10):1987-96.
28. Abebe ES, Moorman CT 3rd, Dziedzic TS, Spritzer CE, Cothran RL, Taylor DC, Garrett WE Jr, DeFrate LE. Femoral tunnel placement during anterior cruciate ligament reconstruction: an in vivo imaging analysis comparing transtibial and 2-incision tibial tunnel-independent techniques. *Am J Sports Med*. 2009;37(10):1904-11.
29. Sommer C, Friederich NF, Müller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2000;8(4):207-13.
30. Xu H, Zhang C, Zhang Q, Du T, Ding M, Wang Y, Fu SC, Hopkins C, Yung SH. A systematic review of anterior cruciate ligament femoral footprint location evaluated by quadrant method for single-bundle and double-bundle anatomic reconstruction. *Arthroscopy*. 2016;32(8):1724-34.
31. Duffee A, Magnussen RA, Pedroza AD, Flanigan DC; MOON Group, Kaeding CC. Transtibial ACL femoral tunnel preparation increases odds of repeat ipsilateral knee surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95(22):2035-42.
32. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Sumen Y. Anterior cruciate ligament augmentation under arthroscopy. A minimum 2-year follow-up in 40 patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2000;120(3-4):128-33.
33. Musahl V, Plakseychuk A, VanScyoc A, Sasaki T, Debski RE, McMahon PJ, Fu FH. Varying femoral tunnels between the anatomical footprint and isometric positions: effect on kinematics of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee. *Am J Sports Med*. 2005;33(5):712-8.

34. Ochi M, Adachi N, Uchio Y, Deie M, Kumahashi N, Ishikawa M, Sera S. A minimum 2-year follow-up after selective anteromedial or posterolateral bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2009;25(2):117-22.
35. Sonnery-Cottet B, Freychet B, Murphy CG, Pupim BH, Thaunat M. Anterior cruciate ligament reconstruction and preservation: the single-anteromedial Bundle Biological Augmentation (SAMBBA) technique. *Arthrosc Tech*. 2014;3(6):e689-93.
36. Rothrauff BB, Kondo E, Siebold R, Wang JH, Yoon KH, Fu FH. Anterior cruciate ligament reconstruction with remnant preservation: current concepts. *J ISAKOS*. 2020;5(3):128–33.
37. Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Kawasaki K. Induction of somatosensory evoked potentials by mechanical stimulation in reconstructed anterior cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(5):761-6.
38. Lee BI, Kwon SW, Kim JB, Choi HS, Min KD. Comparison of clinical results according to amount of preserved remnant in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled hamstring graft. *Arthroscopy*. 2008;24(5):560-8.
39. Lee BI, Min KD, Choi HS, Kwon SW, Chun DI, Yun ES, Lee DW, Jin SY, Yoo JH. Immunohistochemical study of mechanoreceptors in the tibial remnant of the ruptured anterior cruciate ligament in human knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(9):1095-101.
40. Adachi N, Ochi M, Takazawa K, Ishifuro M, Deie M, Nakamae A, Kamei G. Morphologic evaluation of remnant anterior cruciate ligament bundles after injury with three-dimensional computed tomography. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(1):148-53.
41. Takazawa Y, Ikeda H, Kawasaki T, Ishijima M, Kubota M, Saita Y, Kaneko H, Kim SG, Kurosawa H, Kaneko K. ACL reconstruction preserving the ACL remnant achieves good clinical outcomes and can reduce subsequent graft rupture. *Orthop J Sports Med*. 2013;1(4):2325967113505076.
42. Strauss EJ, Barker JU, McGill K, Cole BJ, Bach BR Jr, Verma NN. Can anatomic femoral tunnel placement be achieved using a transtibial technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med*. 2011 Jun;39(6):1263-9.
43. Lee MC, Seong SC, Lee S, Chang CB, Park YK, Jo H, Kim CH. Vertical femoral tunnel placement results in rotational knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2007;23(7):771-8.
44. Noh JH, Roh YH, Yang BG, Yi SR, Lee SY. Femoral tunnel position on conventional magnetic resonance imaging after anterior cruciate ligament reconstruction in young men: transtibial technique versus anteromedial portal technique. *Arthroscopy*. 2013;29(5):882-90.

45. 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 Arthrosc.* 2010;18(8):1013-37.
46. Rayan F, Nanjayan SK, Quah C, Ramoutar D, Konan S, Haddad FS. Review of evolution of tunnel position in anterior cruciate ligament reconstruction. *World J Orthop.* 2015;6(2):252-62.
47. Bedi A, Maak T, Musahl V, Citak M, O'Loughlin PF, Choi D, Pearle AD. Effect of tibial tunnel position on stability of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction: is the tibial tunnel position most important? *Am J Sports Med.* 2011;39(2):366-73.
48. Avadhani A, Rao PS, Rao SK. Effect of tibial tunnel position on arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone grafts: a prospective study. *Singapore Med J.* 2010;51(5):413-7.
49. Inderhaug E, Larsen A, Strand T, Waaler PA, Solheim E. The effect of feedback from post-operative 3D CT on placement of femoral tunnels in single-bundle anatomic ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(1):154-60.
50. Amis AA, Jakob RP. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6 Suppl 1:S2-12.
51. Tsukada H, Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, Toh S. Anatomical analysis of the anterior cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Orthop Sci.* 2008;13(2):122-9.
52. Lu W, Wang D, Zhu W, Li D, Ouyang K, Peng L, Feng W, Li H. Placement of double tunnels in ACL reconstruction using bony landmarks versus existing footprint remnant: a prospective clinical study with 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2015;43(5):1206-14.
53. Stäubli HU, Rauschning W. Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. Anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic resonance arthrography in vivo. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994;2(3):138-46.
54. Wang HD, Wang FS, Gao SJ, Zhang YZ. Remnant preservation technique versus standard technique for anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):231.
55. Chun KC, Lee SH, Kim JW, Jin EJ, Kim KM, Chun CH. Immunohistochemical and immunocytochemical study of mechanoreceptors in anterior cruciate ligament reconstruction with the remnant-preserving technique using Achilles tendon allografts. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):93.

56. Vignos MF, Smith CR, Roth JD, Kaiser JM, Baer GS, Kijowski R, Thelen DG. Anterior cruciate ligament graft tunnel placement and graft angle are primary determinants of internal knee mechanics after reconstructive surgery. *Am J Sports Med.* 2020;48(14):3503-14.
57. Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee ligament anatomy and biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020;28(3):80-6.
58. Koga H, Muneta T, Yagishita K, Watanabe T, Mochizuki T, Horie M, Nakamura T, Sekiya I. Effect of femoral tunnel position on graft tension curves and knee stability in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(11):2811-20.
59. Crain EH, Fithian DC, Paxton EW, Luetzow WF. Variation in anterior cruciate ligament scar pattern: does the scar pattern affect anterior laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees? *Arthroscopy.* 2005;21(1):19-24.
60. Gohil S, Annear PO, Breidahl W. Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous double hamstrings: a comparison of standard versus minimal debridement techniques using MRI to assess revascularisation. A randomised prospective study with a one-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(9):1165-71.
61. Zhang Q, Zhang S, Cao X, Liu L, Liu Y, Li R. The effect of remnant preservation on tibial tunnel enlargement in ACL reconstruction with hamstring autograft: a prospective randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(1):166-73.
62. Sun L, Wu B, Tian M, Liu B, Luo Y. Comparison of graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction with and without a preserved remnant in rabbits. *Knee.* 2013;20(6):537-44.
63. Hu J, Qu J, Xu D, Zhang T, Zhou J, Lu H. Clinical outcomes of remnant preserving augmentation in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(9):1976-85.
64. Fu W, Li Q, Tang X, Chen G, Zhang C, Li J. Mesenchymal stem cells reside in anterior cruciate ligament remnants in situ. *Int Orthop.* 2016;40(7):1523-30.
65. Tie K, Chen L, Hu D, Wang H. The difference in clinical outcome of single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions with and without remnant preservation: a meta-analysis. *Knee.* 2016;23(4):566-74.
66. Kondo E, Yasuda K, Onodera J, Kawaguchi Y, Kitamura N. Effects of remnant tissue preservation on clinical and arthroscopic results after anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2015;43(8):1882-92.

67. Naraoka T, Kimura Y, Tsuda E, Yamamoto Y, Ishibashi Y. Is remnant preservation truly beneficial to anterior cruciate ligament reconstruction healing? Clinical and magnetic resonance imaging evaluations of remnant-preserved reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017;45(5):1049-58.
68. Kirizuki S, Matsumoto T, Ueha T, Uefuji A, Inokuchi T, Takayama K, Hashimoto S, Hayashi S, Matsushita T, Kuroda R. The influence of ruptured scar pattern on the healing potential of anterior cruciate ligament remnant cells. *Am J Sports Med.* 2018;46(6):1382-8.
69. Panos JA, Webster KE, Hewett TE. Anterior cruciate ligament grafts display differential maturation patterns on magnetic resonance imaging following reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(7):2124-38.
70. de Pádua VB, Maldonado H, Vilela JC, Provenza AR, Monteiro C, de Oliveira Neto HC. Comparative study of acl reconstruction with anatomical positioning of the tunnels using the patellar tendon versus hamstring tendon. *Rev Bras Ortop.* 2015;47(1):50-6.
71. Buscayret F, Temponi EF, Saithna A, Thauat M, Sonnery-Cottet B. Three-dimensional CT evaluation of tunnel positioning in ACL reconstruction using the single anteromedial bundle biological augmentation (SAMBBA) technique. *Orthop J Sports Med.* 2017;5(5):2325967117706511.
72. McConkey MO, Amendola A, Ramme AJ, Dunn WR, Flanigan DC, Britton CL; MOON Knee Group, Wolf BR, Spindler KP, Carey JL, Cox CL, Kaeding CC, Wright RW, Matava MJ, Brophy RH, Smith MV, McCarty EC, Vida AF, Wolcott M, Marx RG, Parker RD, Andrish JF, Jones MH. Arthroscopic agreement among surgeons on anterior cruciate ligament tunnel placement. *Am J Sports Med.* 2012;40(12):2737-46.
73. Pedneault C, Laverdière C, Hart A, Boily M, Burman M, Martineau PA. Evaluating the accuracy of tibial tunnel placement after anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2019;47(13):3187-94.
74. Cicchetti DV, Sparrow SA. Developing criteria for establishing interrater reliability of specific items: applications to assessment of adaptive behavior. *Am J Ment Defic.* 1981;86(2):127-37.
75. Kim G, Jung HJ, Lee HJ, Lee JS, Koo S, Chang SH. Accuracy and reliability of length measurements on three-dimensional computed tomography using open-source OsiriX software. *J Digit Imaging.* 2012;25(4):486-91.
76. Śmigielski R, Zdanowicz U, Drwięga M, Cizek B, Williams A. The anatomy of the anterior cruciate ligament and its relevance to the technique of reconstruction. *Bone Joint J.* 2016;98-B(8):1020-6.
77. Kato Y, Maeyama A, Lertwanich P, Wang JH, Ingham SJ, Kramer S, Martins CQ, Smolinski P, Fu FH. Biomechanical comparison of different graft positions for

- single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(4):816-23.
78. Clatworthy M, Sauer S, Roberts T. Transportal central femoral tunnel placement has a significantly higher revision rate than transtibial AM femoral tunnel placement in hamstring ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(1):124-129.
79. Lorenz S, Elser F, Mitterer M, Obst T, Imhoff AB. Radiologic evaluation of the insertion sites of the 2 functional bundles of the anterior cruciate ligament using 3-dimensional computed tomography. *Am J Sports Med.* 2009;37(12):2368-76.
80. Tampere T, Van Hoof T, Cromheecke M, Van der Bracht H, Chahla J, Verdonk P, Victor J. The anterior cruciate ligament: a study on its bony and soft tissue anatomy using novel 3D CT technology. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(1):236-44.
81. Iriuchishima T, Ingham SJ, Tajima G, Horaguchi T, Saito A, Tokuhashi Y, Van Houten AH, Aerts MM, Fu FH. Evaluation of the tunnel placement in the anatomical double-bundle ACL reconstruction: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(9):1226-31.
82. Edwards A, Bull AM, Amis AA. The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 1: tibial attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(12):1414-21.
83. Pietrini SD, Ziegler CG, Anderson CJ, Wijdicks CA, Westerhaus BD, Johansen S, Engebretsen L, LaPrade RF. Radiographic landmarks for tunnel positioning in double-bundle ACL reconstructions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(5):792-800.
84. Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2006;34(5):787-92.
85. Parkinson B, Gogna R, Robb C, Thompson P, Spalding T. Anatomic ACL reconstruction: the normal central tibial footprint position and a standardised technique for measuring tibial tunnel location on 3D CT. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(5):1568-75.
86. Kosy JD, Walmsley K, Gordon EA, Heddon SV, Anaspure R, Schranz PJ, Mandalia VI. Remnant preservation does not affect accuracy of tibial tunnel positioning in single-bundle ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2021;29(4):1157-63.
87. Lertwanich P, Martins CA, Asai S, Ingham SJ, Smolinski P, Fu FH. Anterior cruciate ligament tunnel position measurement reliability on 3-dimensional reconstructed computed tomography. *Arthroscopy.* 2011;27(3):391-8.

88. Cremer P, Peltier A, Maubisson L, Neyret P, Lustig S, Servien E. Positioning of the tibial tunnel after single-bundle ACL primary reconstruction on 3D CT scans: a new method. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2020;2(5):e615-22.