

JOÃO VICTOR NOVARETTI

**EFEITOS DO TRANSPLANTE DE MENISCO
LATERAL NA ESTABILIDADE E
BIOMECÂNICA DO JOELHO: ESTUDO
ROBÓTICO AVALIANDO AS TÉCNICAS DE
FIXAÇÃO COM BLOCO ÓSSEO E APENAS COM
SUTURA**

**Tese apresentada à Universidade Federal de
São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Ciências.**

São Paulo

2019

JOÃO VICTOR NOVARETTI

**EFEITOS DO TRANSPLANTE DE MENISCO
LATERAL NA ESTABILIDADE E
BIOMECÂNICA DO JOELHO: ESTUDO
ROBÓTICO AVALIANDO AS TÉCNICAS DE
FIXAÇÃO COM BLOCO ÓSSEO E APENAS COM
SUTURA**

Orientador: Prof. Dr. Moisés Cohen

Orientador no Exterior: Prof. Dr. Volker Musahl

Co-orientadores: Dr. Diego da Costa Astur

Dr. Gustavo Gonçalves Arliani

Novaretti, João Victor

Efeitos do Transplante de Menisco Lateral na Estabilidade e Biomecânica do Joelho: Estudo Robótico Avaliando as Técnicas de Fixação com Bloco Ósseo e Apenas com Sutura. / João Victor Novaretti--São Paulo, 2019. xv,123f.

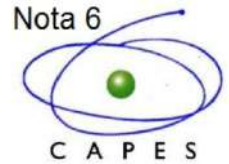
Tese (Doutorado) – Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Translacional.

Effects of Lateral Meniscal Allograft Transplantation on Knee Kinematics and Biomechanics: A Robotic Study Evaluating Bone-Block and Suture-Only Fixation Techniques

Palavras-chave: 1. Joelho 2. Transplante de Menisco 3. Menisco Lateral 4. Biomecânica



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIRURGIA TRANSLOCIONAL**



**ESCOLA PAULISTA DE MEDICINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO**

COORDENAÇÃO: Profa. Dra. Lydia Masako Ferreira

ORIENTADOR: Prof. Dr. Moisés Cohen

ORIENTADOR NO EXTERIOR: Prof. Dr. Volker Musahl

CO-ORIENTADORES: Dr. Diego da Costa Astur

Dr. Gustavo Gonçalves Arliani

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Medição De Deformidades
Osteoarticulares**

LINHA DE PESQUISA: Instabilidades Articulares

DEDICATÓRIA

À minha mãe, **MARCIA**, exemplo de determinação, caráter, comprometimento, amor à família, e por todo o carinho.

Ao meu pai, **JOÃO**, exemplo de perseverança e companheirismo, e por sempre me incentivar academicamente.

Aos meus pais, pelo esforço e dedicação para proporcionarem a melhor educação possível para minha irmã e eu durante todos estes anos.

À minha irmã, **VIVIAN**, exemplo de persistência e dedicação acadêmica.

À minha avó, **JULIA** (*in memoriam*), exemplo de força e caráter, por todo o carinho e incentivo. Por me ensinar desde cedo que o maior bem que podemos possuir é o conhecimento.

À **MARIA**, pelo seu cuidado e carinho incondicionais desde meu nascimento.

À minha noiva, **STEPHANIE**, pelo seu amor, paciência e companheirismo. Pela leveza e alegria que proporciona às nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. **MOISÉS COHEN**, Professor Titular do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (DOT-EPM/UNIFESP), Pesquisador CNPq 1B, pelo grande e constante incentivo para o desenvolvimento de minha vida profissional, pelos ensinamentos, orientação e pelo exemplo diário de dedicação e excelência em todas as áreas de atuação - assistencial, de ensino e de pesquisa.

Ao orientador no exterior Prof. Dr. **VOLKER MUSAHL**, Professor Associado e Chefe da Medicina Esportiva do Departamento de Cirurgia Ortopédica da Universidade de Pittsburgh (EUA), pelo exemplo acadêmico, ensinamentos, orientação e oportunidades proporcionadas durante meu estágio do doutorado no exterior.

Ao co-orientador Dr. **DIEGO DA COSTA ASTUR**, Professor Afiliado e Chefe do Grupo de Joelho do Centro de Ortopedia e Traumatologia do Esporte (CETE) do DOT-EPM/UNIFESP pelo apoio e incentivo desde a graduação e pela parceria nas atividades profissionais.

Ao co-orientador Dr. **GUSTAVO GONÇALVES ARLIANI**, Professor Afiliado e Chefe do CETE do DOT-EPM/UNIFESP pelos ensinamentos, pelo apoio e incentivo desde a graduação.

Ao Prof. Dr. **FREDDIE H. FU**, Professor e Chefe do Departamento de Cirurgia Ortopédica da Universidade de Pittsburgh (EUA), pelos ensinamentos, pelas oportunidades proporcionadas, pelo grande incentivo e apoio acadêmico e pelo exemplo inspirador de dedicação à vida profissional.

Aos colegas e amigos do CETE do DOT-EPM/UNIFESP, Prof. Dr. Rene Jorge Abdalla, Prof. Benno Ejnisman, Prof. Carlos Vicente Andreoli, Prof. Alberto de Castro Pochini, Dr. Diego da Costa Astur, Dr. Alexandre Pedro Nicolini, Dr. Gustavo Gonçalves Arliani, Dr. Leonardo Addeo Ramos, Dr. Renan Moukbel Chaim, Dr. Gabriel Taniguti de Oliveira, Dr. Gabriel Furlan Margato e Dr. Davi Casadio pelos ensinamentos, amizade e grande parceria nas atividades do grupo.

Ao amigo **JAYSON LIAN**, pelo contribuição imprescindível neste estudo, parceria em diversas pesquisas e amizade.

Ao colega **CALVIN CHAN**, pelo grande auxílio neste e em outros estudos robóticos desenvolvidos durante meu estágio do doutorado no exterior.

Ao colega Dr. **ANDREW J. SHEEAN** pelo contribuição no desenvolvimento do manuscrito deste estudo.

Ao colega Prof. Dr. **JOON H. WANG**, pelo ensinamento prático do procedimento de transplante meniscal, realizado neste estudo.

Ao Prof. PhD **RICHARD E. DEBSKI**, pelos ensinamentos e auxílio neste e em outros estudos robóticos desenvolvidos durante meu estágio do doutorado no exterior.

A Sra. **ROSELI N.P. PASCHOA** pelo incentivo acadêmico e suporte em todas as etapas da minha vida acadêmica, desde a graduação.

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a
eletricidade e a energia atômica: a vontade”

Albert Einstein

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
LISTAS.....	IX
RESUMO.....	XII
<i>ABSTRACT</i>.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	6
3. LITERATURA.....	7
4. MÉTODO.....	32
5. RESULTADOS.....	54
6. DISCUSSÃO.....	66
7. CONCLUSÃO.....	74
8. REFERÊNCIAS.....	75
NORMAS ADOTADAS.....	86
APÊNDICES.....	88
ANEXOS.....	95

LISTAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de testes robóticos modelo MJT FRS2010.....	37
Figura 2 – Joelho preparado e posicionado no sistema de testes robóticos..	37
Figura 3 – Mensuração do bloco ósseo do aloenxerto meniscal.....	42
Figura 4 – Aloenxerto meniscal preparado para transplante.....	43
Figura 5 – Transplante meniscal com bloco ósseo.....	44
Figura 6 – Suturas artroscópicas para fixação do aloenxerto meniscal.....	48
Figura 7 – Transplante meniscal lateral apenas com sutura.....	50
Figura 8 – Translação medial da tíbia.....	57
Figura 9 – Rotação da tíbia.....	60
Figura 10 – Forças resultantes no menisco lateral e no aloenxerto meniscal.	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS

°	Grau
%	Por cento
ANOVA	Análise de variância de medidas repetidas
AP	Anteroposterior
CA	Compressão axial
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
cm	Centímetro
CORID	<i>Committee for Oversight of Research and Clinical Training Involving Decedents</i>
CTA	Carga tibial anterior
DMCI	Diferença mínima clinicamente importante
DOT	Departamento de Ortopedia e Traumatologia
EPM	Escola Paulista de Medicina
ESAP	Estado sintomático aceitável do paciente
et al.	E outros
EUA	Estados Unidos da América
ICRS	<i>International Cartilage Regeneration & Joint Preservation Society</i>

IKDC	<i>International Knee Documentation Committee</i>
IMC	Índice de massa corpórea
Inc	<i>Incorporation</i> (corporação)
LCA	Ligamento cruzado anterior
LCM	Ligamento colateral medial
LCL	Ligamento colateral lateral
kg	Quilograma
KOOS	<i>Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score</i>
m ²	metro-quadrado
MAT	<i>Meniscal allograft transplantation</i>
mm	Milímetro
n ^o	número
N	Newton
Nm	Newton-metro
PDSE	Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior
PhD	<i>Doctor of Philosophy</i>
SF-36	<i>36-Item Short Form Survey</i>
TTE	Torque tibial externo
TTI	Torque tibial interno
TV	Torque em valgo
UFS	<i>Universal Force/Moment Sensor</i>
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo

RESUMO

Introdução: O potencial do transplante de aloenxerto meniscal lateral em melhorar a estabilidade do joelho e a função de absorção de carga do menisco após meniscectomia é fundamental para o sucesso cirúrgico. **Objetivo:** Quantificar os efeitos de duas técnicas de transplante de menisco lateral – com bloco ósseo e apenas com sutura– na estabilidade do joelho translacional e rotacional e nas forças resultantes no aloenxerto meniscal e na força *in-situ* no ligamento cruzado anterior (LCA). **Método:** Foi utilizado um sistema de testes robóticos para aplicação de cargas (134 N de carga tibial anterior + 200 N de compressão axial 200 N, 5 Nm de torque tibial interno + 5 Nm de torque em valgo e 5 Nm de torque tibial externo + 5 Nm de torque em valgo) de forma independente e contínua durante a flexão de dez joelhos cadavéricos congelados a fresco. Dados cinemáticos e de forças foram registrados em quatro situações experimentais do joelho: intacto, meniscectomia total lateral, transplante meniscal lateral com bloco ósseo e transplante meniscal lateral apenas com sutura. Uma análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) com correção post-hoc de Bonferroni foi usada para analisar as variações na cinemática e nas forças a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho. A significância foi estabelecida em $p < 0,05$. **Resultados:** Quando foram aplicadas cargas anteriores, ambas as técnicas de transplante meniscal lateral, com bloco ósseo e apenas com sutura, diminuíram a translação medial da tíbia que estava aumentada após meniscectomia total lateral a 30°, 60° e 90° de flexão de joelho em 54,2%, 48,0% e 50,0% e 50,0%, 40,0% e 34,6%, respectivamente ($p < 0,05$). Forças resultantes no aloenxerto meniscal foram 50-60% das forças resultantes no menisco lateral intacto em resposta a todas as condições de carga, em todas as angulações testadas do joelho ($p < 0,05$). A força *in-situ* no LCA diminuiu em até 27,3%

após a meniscectomia total lateral ($p < 0,05$), mas nenhum aumento foi observado após as duas técnicas de transplante meniscal lateral testadas ($p > 0,05$). No geral, não foram observadas diferenças significativas entre as técnicas de transplante meniscal lateral em relação à cinemática, às forças resultantes no aloenxerto meniscal e às forças *in-situ* no LCA ($p > 0,05$).

Conclusão: O transplante meniscal lateral reduziu a translação medial da tibia que aumentou após a meniscectomia total lateral em resposta às cargas anteriores. Forças resultantes no aloenxerto meniscal foram 50-60% das forças do menisco lateral intactas. Na maioria das condições de teste, não foram observadas alterações significativas na força *in-situ* no LCA. Ambas as técnicas de fixação do transplante meniscal lateral funcionaram de forma semelhante em resposta às condições de carga.

ABSTRACT

Background: The ability of lateral meniscal allograft transplantation (MAT) to improve knee stability and the load-bearing function of the meniscus in a meniscectomized condition is critical for surgical success. **Purpose:** The purpose of this study was to compare the effects of two lateral MAT fixation techniques –bone block and suture-only– on translational and rotatory knee stability, resultant forces in the meniscal allograft, and in-situ force in the anterior cruciate ligament (ACL). **Methods:** Using a robotic testing system, loads (134 N anterior tibial load + 200 N axial compression, 5 Nm internal tibial torque + 5 Nm valgus torque, and 5 Nm external tibial torque + 5 Nm valgus torque) were independently and continuously applied during flexion of ten fresh-frozen cadaveric knees. Kinematics and forces data were recorded for four knee states: intact, total lateral meniscectomy, lateral MAT bone-block, and lateral MAT suture-only fixation techniques. A repeated measures analysis of variance (ANOVA) with a post-hoc Bonferroni correction was used to analyze the variations in kinematics and forces at 0°, 30°, 60°, and 90° of knee flexion. Significance was set at $p < 0.05$. **Results:** When anterior loads were applied, both lateral MAT bone-block and suture-only fixation techniques decreased medial translation of the tibia that was increased after total lateral meniscectomy at 30°, 60° and 90° of knee flexion by 54.2%, 48.0%, and 50.0%, and 50.0%, 40.0% and 34.6%, respectively ($p < 0.05$). Resultant forces in the meniscal allograft were 50-60% of the resultant forces in the intact lateral meniscus in response to all loading conditions at all knee flexion angles ($p < 0.05$). In-situ force in the ACL decreased up to 27.3% after total lateral meniscectomy ($p < 0.05$), but no increase was observed after either lateral MAT technique ($p > 0.05$). Overall,

no significant differences between lateral MAT techniques were observed regarding kinematics and meniscal allograft and ACL forces ($p > 0.05$).

Conclusion: Lateral meniscal transplantation reduced medial translation of the tibia that was increased after total lateral meniscectomy in response to anterior loads. Resultant forces in the meniscal allograft were 50-60% of the intact lateral meniscus forces. In the majority of testing conditions, no significant changes of the in-situ force in the ACL were observed after total lateral meniscectomy. Both lateral MAT fixation techniques functioned similarly in response to the loading conditions.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O transplante de aloenxerto meniscal é mais comumente realizado para aliviar a dor em pacientes jovens, sintomáticos e que já foram submetidos à meniscectomia subtotal ou total (GETGOOD *et al.*, 2016; ROSSO *et al.*, 2015). Meniscectomias subtotais ou totais, apesar de raramente serem realizadas atualmente, podem ser inevitáveis nos casos de lesões meniscais extensas, complexas, e naquelas consideradas irreparáveis (KIM *et al.*, 2012). Nesse cenário, o transplante meniscal é um procedimento cirúrgico factível, com o intuito de reduzir as consequências deletérias da deficiência meniscal. Diversos estudos mostraram desfechos clínicos favoráveis após o transplante meniscal em termos de alívio da dor e melhora funcional (NOYES & BARBER-WESTIN, 2016; NOYES & BARBER-WESTIN, 2015; VUNDELINCKX, VANLAUWE, BELLEMANS, 2014; HOMMEN, APPLGATE, DEL PIZZO, 2007).

Múltiplas técnicas para transplante meniscal lateral têm sido descritas. As técnicas mais comumente realizadas para a fixação do transplante meniscal lateral são: com bloco ósseo (CHAHLA *et al.*, 2016) ou apenas com sutura (MENETREY *et al.*, 1999; GETGOOD *et al.*, 2016). Com base nas evidências científicas atuais, não é possível afirmar se uma técnica de fixação do transplante meniscal é superior à outra (GETGOOD *et al.*, 2016; ROSSO *et al.*, 2015). Menores taxas de complicações e de extrusão meniscal –que tem sido relacionada com o desenvolvimento de osteoartrose (LEE *et al.*, 2011; BERTHIAUME *et al.*, 2005; GUERMAZI *et al.*, 2015)– foram relatadas após a técnica com bloco ósseo (ABAT *et al.*, 2012). Em relação a técnica apenas com sutura, foram observados escores histológicos mais altos

(repopulação celular, organização do colágeno) em aloenxertos biopsiados após o transplante –o que corresponde a um tecido meniscal mais semelhante ao tecido meniscal nativo– e menor risco de resposta imunológica contra o aloenxerto (RODEO *et al.*, 2000), uma vez que a resposta imunológica ocorre com maior frequência contra a parte óssea do aloenxerto. Estudos biomecânicos observaram que a fixação óssea do transplante meniscal restaura melhor as forças de contato tibiofemorais e distribui melhor a carga dentro do compartimento do joelho envolvido (ALHALKI, HOWELL, HULL, 1999; WANG *et al.*, 2014). Entretanto, não foram observadas diferenças na força média de arrancamento da fixação do aloenxerto meniscal entre as técnicas quando os aloenxertos meniscais foram submetidos à cargas até a falha (HUNT *et al.*, 2008). Além disso, nenhuma diferença nos resultados clínicos foi relatada entre as técnicas de fixação do transplante meniscal (HOMMEN, APPLGATE, DEL PIZZO, 2007; ABAT *et al.*, 2012). Uma metanálise recente que comparou as técnicas de fixação do transplante meniscal não mostrou diferenças nos escores funcionais, na redução da dor, nas taxas de ruptura do aloenxerto, na extrusão meniscal ou nas taxas de falha (JAUREGUI *et al.*, 2017).

Os meniscos medial e lateral têm função primordial quanto a estabilidade do joelho (ARNO *et al.*, 2013; MUSAHL *et al.*, 2010; SPANG *et al.*, 2010). Portanto, é fundamental um melhor entendimento dos efeitos do transplante meniscal na cinemática do joelho. O menisco medial contribui principalmente para a estabilidade anteroposterior do joelho (SHOEMAKER & MARKOLF, 1986; WATANABE *et al.*, 2004; ARNO *et al.*, 2013), enquanto o menisco lateral apresenta um papel mais proeminente na manutenção da estabilidade rotatória do joelho (MUSAHL *et al.*, 2010). Um estudo científico avaliou os efeitos estabilizadores do transplante

meniscal medial com bloco ósseo e demonstrou reduções significativas na translação anterior após transplante meniscal medial em comparação à meniscectomia medial e sem diferenças para o joelho intacto a 30° e 90° de flexão do joelho (SPANG *et al.*, 2010). Em relação ao compartimento lateral do joelho, o quanto que o transplante meniscal lateral pode contribuir para a estabilidade translacional e rotacional do joelho após a meniscectomia total lateral ainda não é bem estabelecido. As meniscectomias parciais e totais laterais demonstraram aumentar significativamente a translação medial e a rotação da tibia (MUSAHL *et al.*, 2010; BEVERIDGE, SHRIVE, FRANK, 2011) e podem aumentar o risco de insuficiência do ligamento cruzado anterior (LCA) em 3,5 vezes (ROBB *et al.*, 2015).

Uma das principais funções do menisco lateral é distribuir carga através do joelho, e, por isso, diversos estudos mensuraram as pressões de contato tibiofemoral no compartimento lateral após o transplante meniscal lateral. Em resposta à compressão axial, o transplante meniscal lateral aumentou a área de contato tibiofemoral (41-64%) e diminuiu a pressão de pico de contato (56-60%) em comparação com a meniscectomia total lateral (PALETTA *et al.*, 1997). Uma redução significativa no pico de pressão de contato, abaixo da pressão no joelho meniscectomizado, foi encontrada em outro estudo após aplicação de forças de compressão axial no joelho em extensão completa (MCDERMOTT *et al.*, 2008). No entanto, esses estudos prévios avaliaram apenas as pressões de contato tibiofemorais em resposta à compressão axial após transplante meniscal lateral. Devido ao papel do menisco lateral na estabilidade do joelho acima mencionado, é fundamental determinar se o aloenxerto meniscal lateral transplantado é capaz de suportar cargas significativas em resposta a cargas translacionais e rotatórias, as quais os joelhos são submetidos *in vivo* durante atividades diárias de vida e,

portanto, seja potencialmente capaz de retardar a progressão da osteoartrose comumente observada em joelhos meniscectomizados.

2. OBJETIVO

Quantificar os efeitos de duas técnicas de transplante meniscal lateral –com bloco ósseo e apenas com sutura– na estabilidade do joelho translacional e rotacional e nas forças resultantes no aloenxerto meniscal e na força *in-situ* no LCA.

3. LITERATURA

3. LITERATURA

MILACHOWSKI, WEISMEIER, WIRTH (1989) relataram o primeiro transplante meniscal na literatura. Os transplantes foram realizados em 30 ovelhas, divididas em dois grupos com 15 ovelhas cada. Em um dos grupos, foi utilizado aloenxerto meniscal liofilizado e, no outro grupo, foi utilizado aloenxerto meniscal congelado. Os aloenxertos meniscais reduziram de tamanho em ambos os grupos após seguimento médio de 14 meses. No geral, os transplantes meniscais com aloenxerto congelado mostraram melhores resultados do que os transplantes com aloenxerto liofilizado.

POLLARD, KANG, BERG (1995) relataram um método radiográfico de mensuração para transplante meniscal. Utilizaram 21 joelhos de cadáveres congelados a fresco, nos quais os meniscos medial e lateral foram pintados com mistura tântalo-cianoacrílico radiopaca. A largura meniscal correspondeu à distância (plano coronal) entre o pico da eminência tibial para a periferia da metafise tibial em radiografia anteroposterior. O comprimento meniscal foi mensurado como a distância (plano sagital) entre uma linha paralela a tibia anterior acima da tuberosidade tibial e uma linha tangencial a margem posterior do platô, perpendicular a linha articular. Esses autores observaram que o comprimento do menisco medial foi de 80% e o comprimento do menisco lateral foi de 70% do comprimento sagital mensurado do platô tibial. Concluíram que, utilizando estes parâmetros para

mensuração do transplante meniscal em radiografias simples, a média de erro de mensuração foi de 7,8%.

CHEN, BRANCH, HUTTON (1996) realizaram estudo cadavérico para investigar se a fixação dos cornos do aloenxerto meniscal no transplante meniscal lateral afetaria a função de absorção de carga do aloenxerto. Seis joelhos foram submetidos a cargas de compressão axial de 310 N e a pressão de contato intra-articular foi mensurada com filme sensível à pressão. Observaram a menor área de contato e o maior pico de pressão de contato após meniscectomia total. Transplante meniscal sem nenhum dos cornos fixados apresentou resultados semelhantes à meniscectomia total. Quando apenas um dos cornos (anterior ou posterior) foi fixado, os resultados ficaram entre os resultados do joelho intacto e do joelho após meniscectomia total. Quando ambos os cornos foram fixados (com *plugs* ósseos ou com bloco ósseo), os resultados foram semelhantes ao joelho intacto. Concluíram que os resultados do estudo mostraram o valor do transplante meniscal lateral e a importância da fixação de ambos os cornos do aloenxerto meniscal para permitir adequada função de absorção e distribuição de carga pelo aloenxerto.

PALETTA *et al.* (1997) investigaram os efeitos biomecânicos do transplante de meniscal lateral na transmissão e distribuição de carga em dez joelhos de cadáveres. Foi aplicada uma carga axial de 1800 N e as pressões foram mensuradas com filme sensível a pressão. A meniscectomia total

lateral diminuiu 45 a 50% da área de contato total, enquanto que o transplante meniscal aumentou a área de contato total em 42 a 65% quando comparado à meniscectomia total. A meniscectomia total lateral resultou em aumento de 235 a 335% do pico máximo de pressão de contato, enquanto que o transplante meniscal reduziu estes aumentos em 55 a 65%. Concluíram que, comparado à meniscectomia total, o transplante meniscal aumenta significativamente a área de contato e diminui o pico da pressão de contato.

ALHALKI, HOWELL, HULL (1999) avaliaram três métodos de fixação de aloenxerto meniscal medial para determinar qual método restauraria a mecânica de contato (pressão máxima e média, área de contato e localização do centro de pressão máxima) tibial mais proximamente ao normal. Dez joelhos de cadáveres foram submetidos a três métodos de fixação na seguinte ordem: 1) fixação óssea dos cornos anterior e posterior combinada com parafusos e cimento de polimetilmetacrilato, 2) fixação óssea combinada com fixação do aloenxerto com a periferia do menisco nativo com múltiplas suturas verticais e 3) fixação apenas com sutura na periferia do menisco e com suturas nos cornos passadas por túneis ósseos. Foram aplicadas cargas de compressão axial de 1000 N a 0°, 15°, 30° e 45° de flexão do joelho e as pressões mensuradas com filme sensível à pressão. Observou-se melhor restauração da mecânica de contato com as técnicas que utilizaram fixação óssea.

RODEO *et al.* (2000) analisaram histologicamente 28 aloenxertos

meniscais com pequenas biópsias realizadas em artroscopias de seguimento em pacientes submetidos a transplante meniscal cerca de 16 meses antes. Utilizaram um escore histológico que graduava o tecido meniscal quanto à celularidade, ao tipo celular predominante, à organização do colágeno e à morfologia da matrix extracelular, com escore total entre 0 e 6 pontos. Quanto maior o escore histológico, maior semelhança entre o tecido do aloenxerto meniscal e o tecido meniscal nativo. A média do escore histológico dos aloenxertos meniscais transplantados com a técnica de fixação sem *plug* ósseo (3,5 pontos) foi significativamente maior do que dos aloenxertos meniscais transplantados com a técnica de fixação com *plug* ósseo (2,3 pontos).

SEKIYA *et al.* (2006) avaliaram retrospectivamente 25 transplantes meniscais laterais (17 com fixação óssea e 8 com fixação apenas com sutura), com seguimento médio de 3,3 anos. Observaram que 96% dos pacientes referiram que a função e o nível de atividade melhoraram após o procedimento. A diminuição do espaço articular do compartimento lateral transplantado não foi significativamente diferente em relação ao compartimento lateral do joelho contralateral. Pacientes com aloenxertos com fixação óssea apresentaram melhor arco de movimento, de acordo com critérios do IKDC, em comparação com fixação apenas com sutura. Concluíram que o transplante meniscal lateral pode ser um procedimento que beneficia pacientes sintomáticos com deficiência do meniscal lateral, e que os dados do estudo sugerem que, quanto mais cedo o transplante meniscal é realizado—antes do aparecimento de diminuição significativa do espaço articular—melhores os resultados. Além disso, afirmaram que o transplante

com fixação óssea talvez tenha uma vantagem sobre o transplante com fixação apenas com sutura, especialmente em relação ao arco de movimento do joelho.

DIENST *et al.* (2007) investigaram se o tamanho do aloenxerto utilizado no transplante meniscal lateral afetaria as pressões e área de contato no joelho. Realizaram transplantes meniscais em seis joelhos de cadáveres com diferentes tamanhos de aloenxertos e mensuraram as pressões e área de contato com filme sensível a pressão, em resposta à carga axial de 1000 N. Observaram que aloenxertos 17,5% maiores do que os meniscos nativos resultaram em pressões de contato significativamente maiores e que aloenxertos 10,5% menores que o menisco nativo resultaram em forças aumentadas no menisco, o que poderia predispor à falha precoce do procedimento. Concluíram que se deve aceitar uma diferença de tamanho entre o aloenxerto meniscal e o menisco nativo de no máximo 10%.

HOMMEN, APPLGATE, DEL PIZZO (2007) relataram resultados de transplante meniscal com aloenxertos criopreservados com dez anos de seguimento pós-operatório. No geral, 25% dos aloenxertos meniscais mediais e 50% dos aloenxertos meniscais laterais falharam, com taxa de falha combinada de 35%. Houve melhora nos escores de Lysholm e nos escores de dor em 90% dos pacientes. Concluíram que o efeito protetor condral em longo prazo do transplante meniscal permanece questionável.

MCDERMOTT *et al.* (2008) avaliaram os efeitos do transplante meniscal lateral, com as técnicas de fixação com bloco ósseo e apenas com sutura, nas pressões de contato tibiofemorais. Oito joelhos de cadáveres foram submetidos à carga axial de 700 N e as pressões de contato foram mensuradas com utilização de filme sensível à pressão. Observaram que ambas as técnicas de transplante meniscal lateral reduziram significativamente o pico de pressão de contato em relação à condição experimental do joelho após meniscectomia, sem diferença significativa em relação ao joelho intacto. Os aloenxertos fixados apenas com sutura apresentaram pressão de contato minimamente maior do que os aloenxertos fixados com bloco ósseo. Concluíram que o transplante meniscal pode apresentar efeito condroprotetor e que há uma pequena vantagem em se utilizar fixação óssea do aloenxerto em relação à fixação apenas com sutura.

HUNT *et al.* (2008) investigaram biomecanicamente a fixação do corno posterior do aloenxerto meniscal em transplantes com as técnicas com osso e apenas com sutura. Testaram sete pares de tibia proximal de cadáveres. Os espécimes foram testados até a falha. A média da carga de falha no grupo de transplante apenas com sutura foi de $111,8 \pm 21$ N e no grupo com fixação óssea de $112,0 \pm 32$ N, sem diferença significativa entre os grupos. Assim, concluíram que não deve ser necessária a fixação óssea para transplantes de menisco medial, e que a técnica apenas com sutura é mais fácil de ser realizada comparada à técnica com fixação óssea.

GONZÁLEZ-LUCENA *et al.* (2010) analisaram 33 transplantes meniscais com fixação apenas com sutura com seguimento médio pós-operatório de cinco a oito anos. Os escores Lysholm e Tegner melhoraram significativamente de 65,4 para 88,6 e de 3,1 para 5,5, respectivamente. A taxa de sobrevivência dos transplantes foi de 87,8% com 6,5 anos de pós-operatório, enquanto a taxa de complicações foi de 33%. Concluíram que o transplante meniscal com fixação apenas com sutura resulta em significativo alívio de dor e melhora funcional em médio prazo, apesar de apresentar taxa relativamente alta de complicações e cirurgias de revisão.

SPANG *et al.* (2010) investigaram os efeitos do transplante meniscal medial na biomecânica do joelho. Utilizaram dez joelhos de cadáveres e aplicaram carga tibial anterior de 150 N. Observaram que o transplante meniscal medial diminuiu a translação anterior da tíbia (médias de 10,1 mm a 30°, 6,5 mm a 60° e 4,4 mm a 90°), que estava aumentada após meniscectomia medial (médias de 10,6 mm a 30°, 7,2 mm a 60° e 5,1 mm a 90°), sem diferença estatisticamente significante para valores encontrados nos joelhos intactos (médias de 9,6 mm a 30° e 4,1 mm a 90° de flexão do joelho). Além disso, o transplante meniscal medial reduziu a tensão no LCA, que também estava aumentada após meniscectomia medial, para valores normais a 60° e 90° de flexão do joelho. Concluíram que o transplante meniscal restaurou a translação anterior da tíbia e a tensão no LCA para valores normais na maioria dos casos.

LAPRADE *et al.* (2010) realizaram uma série de casos de transplante meniscal com seguimento médio de 2,5 anos. Observaram que o escore IKDC subjetivo aumentou significativamente de 54,5 para 72,0, o escore Cincinnati modificado aumentou de 55,2 para 75,3 e que o escore IKDC objetivo pré-operatório, avaliando derrame articular, também melhorou significativamente. Cinco pacientes apresentaram lesões nos aloenxertos meniscais e foram submetidos a meniscectomias parciais do aloenxerto. Concluíram que o transplante meniscal reduz significativamente dor, diminui derrame articular relacionado a atividades e melhora a função em pacientes submetidos à meniscectomia prévia. Porém, afirmaram que o efeito condroprotetor em longo prazo do transplante menisco permanece desconhecido.

ALENTORN-GELI *et al.* (2011) relataram uma técnica de fixação de transplante meniscal apenas com sutura e os resultados com seguimento de curto prazo (média de 38,6 meses). Foram realizados 37 transplantes meniscais, sendo 24 do menisco medial e 13 do menisco lateral. Observaram melhora significativa nos escores de dor, Lysholm e IKDC subjetivos no seguimento pós-operatório em relação ao pré-operatório. Concluíram que transplante meniscal sem fixação óssea melhorou a função dos joelhos e sintomas em pacientes previamente submetidos à meniscectomias parciais ou totais. Além disso, as melhoras foram observadas independentemente do grau de lesão condral no joelho.

CHOI, YOO, VICTOROFF (2011) avaliaram se a posição do bloco ósseo do aloenxerto meniscal no transplante meniscal lateral afetaria a extrusão meniscal. Em 23 pacientes submetidos a transplante meniscal lateral, foi realizada avaliação com Ressonância Magnética com seis meses de pós-operatório. Mensuraram o tamanho total do platô tibial e a distância entre a borda lateral do platô tibial lateral e o centro do bloco ósseo. A relação entre estas duas medidas foi correlacionada com o valor de extrusão meniscal obtido. A posição média do centro do bloco ósseo em relação ao platô tibial foi de 42,3% e a média da extrusão meniscal foi de 3,2 mm. O valor de corte acima do qual extrusão meniscal maior do que 3 mm não ocorreu foi de 42,1%. Concluíram que, quanto mais próxima de 50% a relação entre o centro do bloco ósseo e o tamanho do platô tibial, menos extrusão meniscal foi observada. Portanto, afirmaram ser imperativo a colocação anatômica do bloco ósseo no transplante meniscal lateral para prevenção da extrusão do aloenxerto meniscal.

YOON *et al.* (2011) realizaram estudo para avaliar o protocolo de mensuração radiográfica do menisco lateral para transplante lateral desenvolvidos pelos autores. Utilizaram 25 meniscos laterais frescos anexados à tibia proximal obtidos de artroplastias totais de joelho. Para mensuração do comprimento do platô tibial lateral, realizaram radiografias com angulação caudal de 10°, e para mensuração da largura, utilizaram o método de Pollard. Observaram que o método do presente estudo apresentou menor desvio na mensuração do comprimento (1,4mm vs. 4,1mm) e melhor acurácia 98% vs. 40%) do que o método de Pollard. Os autores elaboraram

a seguinte equação para melhor predizer o comprimento do menisco utilizando o método de Pollard: $0,52 \times \text{comprimento do platô (pelo método Pollard)} + 5,2$, ao invés do sugerido por Pollard ($0,7 \times \text{comprimento do platô}$). Com esta equação, chamada de método Pollard modificado, notaram um aumento da acurácia para 92%. Concluíram que o comprimento do menisco lateral pode ser previsto com precisão com o método proposto pelos autores.

ABAT *et al.* (2012) investigaram a influência do tipo de fixação do aloenxerto meniscal no grau da extrusão do aloenxerto. Oitenta e oito transplantes meniscais (40 do menisco medial e 48 do menisco lateral) foram realizados, dos quais 33 foram fixados com a técnica apenas com sutura e 55 com fixação óssea. Os pacientes foram acompanhados no pós-operatório por no mínimo três anos e submetidos a exame de Ressonância Magnética para mensuração da extrusão do aloenxerto meniscal. Observou-se que a porcentagem de tecido meniscal extruso nos transplantes meniscais apenas com sutura ($36,3\% \pm 13,7\%$) foi significativamente maior do que nos transplantes com fixação óssea ($28,1\% \pm 12,2\%$). Porém, não houve diferença clínica ou radiológica entre os grupos.

LEE *et al.* (2012) avaliaram, com Ressonância Magnética, o ângulo axial da calha tibial em 49 pacientes submetidos ao transplante meniscal lateral com fixação óssea. Observaram que o ângulo axial da calha tibial (na qual o bloco ósseo do aloenxerto meniscal é inserido na tíbia proximal) é

preditor da extrusão meniscal absoluta e relativa. Concluíram que, quanto maior a obliquidade da calha tibial no plano axial, acima de $5,64^\circ$, maior a chance de extrusão absoluta do aloenxerto. Assim, recomendam que o ponto de entrada da calha tibial no transplante meniscal lateral deve ser o mais central possível.

MARCACCI *et al.* (2012) realizaram uma série de casos com 32 transplantes meniscais (16 mediais e 16 laterais) com técnica de fixação sem *plugs* ósseos, com seguimento mínimo de três anos. Quando compararam resultados do pós-operatório em relação ao pré-operatório, observaram diminuição significativa do escore de dor (de 70,6 para 25,2), aumento do componente físico do questionário SF-36 de 37,3 para 49,7 e do componente mental de 49,7 para 53,5, aumento do escore Tegner de 3 para 5, aumento do escore Lysholm de 59,8 para 84,8 e aumento do escore IKDC subjetivo de 47,4 para 77,2. Concluíram que a técnica de transplante meniscal sem *plugs* ósseos reduziu significativamente dor e melhorou a função do joelho em 94% dos pacientes com seguimento mínimo de três anos.

ABAT *et al.* (2013) realizaram estudo prospectivo com 88 transplantes meniscais (40 menisco medial e 48 menisco lateral) com um seguimento médio de cinco anos. Objetivaram comparar as técnicas com fixação apenas com sutura (33 transplantes) e com fixação óssea (55 transplantes). Houve melhora significativa nos escores Lysholm, Tegner e escala visual de dor no pós-operatório com ambas as técnicas, sem diferença

entre elas. Não houve diminuição do espaço articular em nenhum dos grupos. Concluíram que o transplante meniscal com ambas as técnicas apresenta bons resultados funcionais e radiográficos com seguimento em médio prazo, sem diferença significativa entre as técnicas de fixação.

CHALMERS *et al.* (2013) objetivaram avaliar os resultados de transplantes meniscais em atletas, especificamente em relação ao retorno ao nível de atividade pré-lesão. Com uma casuística de 13 pacientes com média do escore de Tegner de 8 e seguimento médio de 3,3 anos, observaram que 77% dos atletas retornaram à atividade esportiva, com médias do escore KOOS de 76, do escore IKDC de 77 e do escore Lysholm de 81. Três dos 13 pacientes (23%), foram submetidos a nova cirurgia, uma revisão de transplante meniscal, uma meniscectomia parcial e um reparo meniscal. Concluíram que 77% dos pacientes atletas de alto nível retornaram ao nível desejado de atividade após transplante meniscal e que os pacientes apresentaram melhoras significativas nos escores funcionais.

JIANG *et al.* (2014) compararam resultados clínicos e radiológicos de transplantes meniscais realizados imediatamente após meniscectomia (grupo transplante imediato) e transplantes realizados após meniscectomia com tempo médio entre os procedimentos de 35 meses (grupo transplante tardio). Quatorze pacientes submetidos a meniscectomia no mesmo período foram incluídos como controles. O grupo transplante imediato apresentou melhores escores de dor (0.4 vs. 2.5), força muscular no isocinético, IKDC (93 vs. 74),

menores alterações degenerativas condrais entre pré- e pós-operatório (Kellgren-Lawrence escore: mudança de 0.25 vs. 1.0 e Yulish escore: 0.25 vs. 1.0) em relação ao grupo transplante tardio. Concluíram que, comparado com o transplante meniscal tardio, o transplante imediato resultou em melhores resultados subjetivos, menos degeneração articular e menos déficit de força muscular.

VUNDELICX, VANLAUWEE, BELLEMANS (2014) reportaram resultados em longo prazo de pacientes submetidos ao transplante meniscal. De 49 pacientes, seis (12,2%) foram submetidos a conversão para artroplastia total do joelho durante o período do estudo e foram considerados falhas. Além disso, em 17 pacientes (34,7%) foi necessário um segundo procedimento cirúrgico. Os escores funcionais Lysholm e KOOS, o questionário de qualidade de vida (SF-36) e a escala visual de dor apresentaram melhora estatisticamente significativa no seguimento final (média de 12 anos e 8 meses) em relação aos valores no pré-operatório. Porém, houve uma diminuição do espaço articular (4,95 mm) no estudo radiográfico durante o período do estudo. Concluíram que o estudo confirma os bons e consistentes resultados encontrados na literatura em relação ao transplante meniscal quanto à satisfação, a melhora da dor e aos escores funcionais com seguimento de longo prazo.

WANG *et al.* (2014) realizaram estudo biomecânico para quantificar a mecânica de contato dinâmico de duas técnicas de fixação do transplante

meniscal medial: fixação com *plugs* ósseos e fixação apenas com sutura. Utilizaram sete joelhos de cadáveres e pressões de estresse de contato para as condições experimentais do joelho intacto, meniscectomia total medial, transplante meniscal com *plugs* ósseos e transplante meniscal apenas com sutura foram mensuradas utilizando um sensor inserido no platô tibial medial. Observaram que ambas as técnicas de transplante meniscal restauraram parcialmente a área de contato, mas que a fixação com *plugs* ósseos restaurou mais proximamente às condições do joelho intacto. Esses autores concluíram que, em resposta a cargas dinâmicas, a fixação do transplante meniscal com *plugs* ósseos proporcionou uma distribuição de cargas superior no compartimento envolvido após transplante meniscal, quando comparado com a técnica de fixação apenas com sutura.

NOYES & BARBER-WESTIN (2015) avaliaram resultados funcionais e taxa de sobrevivência de 40 transplantes meniscais com aloenxertos criopreservados em longo prazo, com média de seguimento de 11 anos. Observaram taxas de sobrevivência do transplante de 88% com 5 anos, 63% com 10 anos e 40% com 15 anos de seguimento pós-operatório. Concluíram que, apesar de a maioria dos transplantes meniscais com aloenxerto falharem em longo prazo, a resolução dos sintomas e melhora funcional por vários anos justifica a realização do procedimento em pacientes jovens sintomáticos submetidos a meniscectomia.

ROSSO *et al.* (2015) realizaram uma revisão sistemática sobre

transplante meniscal com inclusão de 55 estudos. Relataram consenso na literatura sobre as indicações para o transplante meniscal: dor na interlinha articular após meniscectomia, pacientes jovens, sem lesão de cartilagem grau III de Outerbridge ou qualquer lesão grau IV, e um joelho estável e com bom alinhamento. Notaram que o método mais utilizado para mensuração do aloenxerto foi o método radiográfico. Relataram ainda não haver superioridade comprovada entre os tipos de fixação do aloenxerto (com ou sem fixação óssea). Observaram que o transplante meniscal apresenta bons resultados clínicos em curto e médio prazos, com melhora da função do joelho e com taxas de complicações e falha aceitáveis. Entretanto, salientam que são necessários mais estudos de alta qualidade para investigar o potencial efeito condroprotetor do transplante meniscal.

AHN *et al.* (2016) analisaram retrospectivamente 72 transplantes meniscais laterais, com seguimento mínimo de dois anos, para avaliar fatores de risco para extrusão do aloenxerto no pós-operatório. Observaram que atraso no tempo entre meniscectomia prévia para transplante meniscal e maior ângulo da calha tibial no plano axial foram fatores de risco para extrusão do aloenxerto. Além disso, concluíram que a maioria dos aloenxertos após transplante meniscal lateral apresentaram extrusão maior do que 3 mm.

CHOI *et al.* (2016) analisaram a relação entre a direção do fio-guia para realização do transplante meniscal lateral com bloco ósseo e a linha

conectando os centros de inserção de ambos os cornos do menisco lateral. Quarenta e quatro platôs tibiais ressecados durante artroplastias de joelho foram utilizados para avaliação anatômica e radiológica. O ângulo médio entre o fio-guia colocado em direção ao ápice da espinha tibial lateral e o fio-guia na linha conectando os centros de inserção de ambos os cornos do menisco foi de $-7,4^\circ \pm 9,6^\circ$, sendo 75% dos fios-guia fixados com rotação interna e 25% com rotação externa em relação a linha conectando os centros de inserção dos cornos meniscais. Concluíram que o eixo da espinha tibial lateral não é um parâmetro confiável para a realização da calha tibial no transplante meniscal lateral.

GETGOOD *et al.* (2016) publicaram um consenso sobre transplante de aloenxerto meniscal obtido no Fórum Internacional de Especialistas em Reconstrução Meniscal. As principais afirmações do consenso foram:

1) Indicações para o transplante meniscal:

- dor unicompartimental na presença de meniscectomia total ou subtotal “funcional”.
- como procedimento concomitante em revisão de reconstrução do LCA para auxiliar na estabilidade do joelho nos casos em que se acredita que a deficiência meniscal é fator contribuinte para falha.
- como procedimento concomitante com o reparo da cartilagem articular em compartimento com deficiência meniscal.

2) Em pacientes com deficiência meniscal porém assintomáticos, não se deve indicar transplante meniscal como procedimento de rotina.

3) Joelho com osteoartrose moderada ou grave (Kellgren-Lawrence ≥ 3) é

uma contraindicação relativa para o transplante meniscal.

- 4) Recomenda-se aloenxertos meniscais não-irradiados congelados ou viáveis com ligamentos periféricos meniscotibiais intactos.
- 5) Recomenda-se utilização de métodos quantitativos para mensuração do tamanho de aloenxerto adequado para o paciente, com Ressonância Magnética ou com métodos radiográficos.
- 6) O eixo mecânico deve ser avaliado nos pacientes candidatos ao transplante meniscal e o realinhamento deve ser considerado nos casos de desvio do eixo mecânico.
- 7) Baseado nas evidências atuais, aceita-se que não há superioridade de uma técnica em relação à outra (com fixação óssea vs. apenas com sutura).
- 8) Define-se como falha mecânica do transplante meniscal a remoção completa do aloenxerto, incluindo artroplastias. Não houve consenso em relação a definição de falha clínica, porém esta deve incluir Ressonância Magnética e resultados funcionais.

KALEKA *et al.* (2016) compararam diferentes técnicas de mensuração meniscal (antropométrica e radiográfica) para avaliar qual desses métodos era mais confiável e com melhor custo-benefício para determinar o tamanho do aloenxerto necessário para transplante meniscal, em comparação com a Ressonância Magnética. Em 44 joelhos analisados, observaram que o método Pollard para mensuração radiográfica superestimou a largura do menisco lateral em comparação com métodos antropométricos, considerando a Ressonância Magnética como padrão-ouro. O método Yoon e o método antropométrico apresentaram valores menores

(subestimaram) em comparação com método de Pollard. Para o menisco medial, o método Pollard foi o mais preciso, com 93,2% de acurácia para comprimento e 77,3% de acurácia para largura quando comparado com a Ressonância Magnética. Concluíram que, para a mensuração do menisco lateral, dados antropométricos são uma boa opção para largura e o método Yoon para comprimento. Para o menisco medial, o método Pollard é uma alternativa satisfatória.

CHOI *et al.* (2017) avaliaram 55 transplantes meniscais laterais, realizados por artrotomia medial ou por artrotomia lateral, em relação à extrusão do aloenxerto meniscal. A média de extrusão do aloenxerto meniscal foi de 2,2 mm no grupo da artrotomia medial e de 3,1 mm no grupo da artrotomia lateral. Sete (21,9%) dos pacientes apresentaram extrusão do aloenxerto (≥ 3 mm) no grupo da artrotomia medial e 15 (65,2%) dos pacientes apresentaram extrusão do aloenxerto no grupo da artrotomia lateral. A média de angulação da calha tibial foi de 0,9° no grupo da artrotomia medial e de 11,6° no grupo da artrotomia lateral. Concluíram que o transplante meniscal lateral por artrotomia medial deve ser preferido para diminuir a extrusão do aloenxerto no pós-operatório.

JAUREGUI *et al.* (2017) realizaram uma metanálise para avaliar como deve ser realizada a fixação do transplante meniscal. Foram incluídos 38 estudos (1637 transplantes meniscais) com seguimento médio de 60 meses. Não houve diferença estatística entre os transplantes com fixação

apenas com sutura e os transplantes com fixação óssea em relação a taxa de lesão do aloenxerto meniscal (13,4% vs. 14,9%), taxas de falha (17,6% vs. 18,8%), escores Lysholm (de 52,3 para 82,4 vs. de 60,7 para 82,9), escores de dor (de 65 pontos para 18 pontos vs. de 63 pontos para 13 pontos) e porcentagem de extrusão meniscal (40,2% vs. 43,1%). Concluíram que o estudo demonstrou melhoras clínicas significativas após transplante meniscal com baixas taxas de lesão do aloenxerto e falha, e que os estudos analisados não demonstram diferença entre as técnicas de fixação do transplante meniscal.

KIM *et al.* (2017) avaliaram os resultados clínicos e taxas de sobrevivência em longo prazo do transplante meniscal com fixação óssea. Foram incluídos 49 transplantes de menisco com seguimento médio pós-operatório de 11,5 anos. A média de pontuação do escore Lysholm aumentou significativamente, de $73,2 \pm 10,6$ no pré-operatório para $89,4 \pm 13,2$ no seguimento final. Apenas duas falhas foram observadas, com seis meses e com 11,3 anos de pós-operatório. A taxa de sobrevivência do transplante meniscal com dez anos de seguimento foi de 98,0% e com 15 anos de seguimento foi de 93,3%. Assim concluíram que o transplante meniscal com fixação óssea demonstrou altas taxas de sobrevivência clínica em longo prazo.

LEE *et al.* (2017) investigaram os resultados clínicos de 222 transplantes meniscais de acordo com o grau de lesão articular. Os pacientes foram divididos de acordo com o grau e localização das lesões condrais em:

baixo grau (grau ICRS ≤ 2) no fêmur e na tíbia (indicação ideal); alto grau (grau ICRS 3 ou 4) apenas no fêmur ou na tíbia (indicação relativa); e alto grau no fêmur e na tíbia (indicação de salvamento). Observaram que a pontuação do escore Lysholm melhorou significativamente de 63,1 para 85,7 no grupo indicação ideal, para 84,7 no grupo indicação relativa e para 84,7 no grupo indicação de salvamento, sem diferença entre os grupos. Porém, a taxa de sobrevivência do aloenxerto meniscal acumulada estimada foi significativamente menor no grupo indicação de salvamento (62,2%) do que no grupo indicação ideal (93,8%) e no grupo indicação relativa (90,9%). Concluíram que o transplante meniscal é um tratamento efetivo para alívio sintomático, mesmo em joelhos com lesões condrais avançadas bipolares, mas com menor sobrevivência do aloenxerto. Afirmaram ainda que o transplante meniscal deva ser considerado antes da progressão de lesões condrais unipolares para lesões bipolares, para melhor sobrevivência do aloenxerto, devendo o transplante meniscal ser realizado cautelosamente em joelhos com osteoartrose.

BIN *et al.* (2018) conduziram uma metanálise para comparar os transplantes meniscais laterais e meniscais, em médio e longo prazo, quanto às taxas de sobrevivência do transplante e resultados clínicos. Não houve diferença entre as taxas de sobrevivência em médio prazo (5-10 anos) entre o transplante medial e o lateral (85,8% vs. 89,2%) e em longo prazo (>10 anos) (52,6% vs. 56,6%). Porém, pacientes submetidos ao transplante meniscal lateral apresentaram melhores resultados clínicos, com maior diminuição da dor e melhora funcional do que os transplantes mediais.

KIM *et al.* (2018) avaliaram em 214 transplantes meniscais laterais a posição dos cornos do aloenxerto meniscal. Dentre os 214 casos, 54 foram classificados como posição não-anatômica, com discrepância maior do que 5 mm ou 10% de discrepância entre o posicionamento pré- e pós-operatório. Observaram que a taxa de falha do grupo não-anatômico foi de 11,1% e do grupo anatômico de 3,1%. Concluíram que a discrepância na posição dos cornos dos aloenxertos meniscais foi associada com risco aumentado de falha precoce do aloenxerto.

KOH *et al.* (2018) compararam transplante meniscal lateral com técnica de fixação óssea (37 pacientes – grupo A) e técnica de fixação apenas com sutura (45 pacientes – grupo B) com seguimento médio de 35,8 meses. Encontraram significativa melhora nos escores de dor (1,4 grupo A vs. 1,2 grupo B), IKDC subjetivo (72,9 grupo A vs. 74,2 grupo B), Tegner (4,0 grupo A e 4,1 grupo B) e Lysholm (75,5 grupo A vs. 76,2 grupo B) no pós-operatório, sem diferença estatística entre as técnicas. Na Ressonância Magnética, a extrusão meniscal no grupo A foi de 3,1 mm (27,0%) e de 2,9 mm (26,1%) no grupo B, sem diferença estatística entre as técnicas. Concluíram que as técnicas de fixação do transplante meniscal lateral com bloco ósseo e apenas com sutura apresentaram resultados comparáveis clínicos e radiológicos em curto prazo.

LEE *et al.* (2018) realizaram revisão sistemática e metanálise para avaliar se há diferença nos resultados clínicos entre transplante meniscal

isolado e transplante meniscal combinado com outros procedimentos. Em 24 estudos, não notaram diferença significativa nos escores Lysholm, Tegner, IKDC subjetivo e escala visual de dor entre os transplantes isolados e combinados. Esses autores concluíram não haver diferença significativa nos resultados pós-operatórios em termos de transplante meniscal isolado ou combinado com outros procedimentos.

MASFERRER-PINO *et al.* (2018) conduziram estudo prospectivo com 29 transplantes laterais consecutivos para comparar as técnicas de fixação do aloenxerto meniscal com bloco ósseo (grupo A – 15 casos) e apenas com sutura combinada com capsulodese lateral (grupo B – 14 casos), passando dois pontos adicionais na cápsula lateral através de túneis tibiais e amarrando entre si na tibia proximal. Com seguimento médio de 18 meses, e considerando os primeiros quatro casos do grupo B como curva de aprendizado da nova técnica, observaram significativamente mais extrusão meniscal maior do que 3 mm no grupo A, com oito casos (53,3%) do que no grupo B, com apenas um caso (7,1%). Os resultados funcionais em relação aos escores Lysholm, Tegner, KOOS melhoraram significativamente após os transplantes, sem diferença entre as técnicas. Concluíram que a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura combinada com capsulodese lateral, se os quatro primeiros casos não fossem incluídos nos resultados (considerados curva de aprendizado), teria apresentado melhores resultados em relação ao grau de extrusão meniscal no pós-operatório em comparação com a técnica com bloco ósseo. Além disso, asseguraram que os resultados funcionais foram similares entre os grupos.

GRASSI *et al.* (2019) realizaram revisão sistemática e metanálise para avaliar o retorno ao esporte após transplante meniscal. Nos nove estudos incluídos, 77% dos atletas foram capazes de retornar à atividade esportiva, sendo que dois terços conseguiram retornar ao nível de atividade pré-lesão. Observaram ainda que 13% dos pacientes foram submetidos a re-operação relacionada ao aloenxerto meniscal, e 1,2% dos pacientes foram submetidos à conversão para prótese parcial ou total do joelho. Concluíram que é possível a prática esportiva após transplante meniscal, especialmente esportes de baixo impacto.

LIU *et al.* (2019) realizaram estudo prospectivo com 98 pacientes para (1) estabelecer a diferença mínima clinicamente importante (DMCI) e o estado sintomático aceitável do paciente (ESAP) em relação aos escores funcionais e (2) avaliar variáveis pré-operatórias e intra-operatórias correlacionadas com esses valores de corte. Observaram que os valores de DMCI e ESAP para o escore Lysholm foram de 12,3 e 66,5, para o escore IKDC foram de 9,9 e 36,0, para o escore KOOS Dor foi de 9,9 e não disponível, para o escore KOOS Sintomas foram de 9,3 e 73,0, para o escore KOOS Atividade de Vida Diária foi de 9,5 e não disponível, para o escore KOOS Esporte foi de 1,3 e não disponível e para o escore KOOS Qualidade de Vida foram de 14,6 e 53,0. Esses autores, além de estabelecerem o DMCI e ESAP para escores funcionais após transplante meniscal, observaram que IMC aumentado e pacientes com processos trabalhistas foram associados à falha em atingir valores clínicos significantes.

NOVARETTI *et al.* (2019) realizaram uma revisão sistemática para avaliar as taxas de sobrevivência em longo prazo e resultados funcionais de transplante meniscal em pacientes com no mínimo dez anos de seguimento pós-operatório. Onze estudos foram incluídos, totalizando 658 pacientes e 688 transplantes meniscais. A taxa média de sobrevivência do transplante meniscal foi de 73,5% com 10 anos e de 60,3% com 15 anos de pós-operatório. Dois estudos com seguimentos de 19 anos e 24 anos de pós-operatório reportaram taxas de sobrevivência de 50% e 15,1%, respectivamente. Encontraram que a pontuação do escore Lysholm pré- e pós-operatório variou de 36 a 60,5 e de 61 a 75, respectivamente, enquanto a pontuação do escore Tegner pré- e pós-operatório variou de 1 a 3 e de 2,5 a 4,6, respectivamente. Concluíram que o transplante meniscal apresenta boas taxas de sobrevivência em longo prazo, com 73,5% e 60,3% dos aloenxertos permanecendo funcionais após 10 e 15 anos, respectivamente. Além do mais, os resultados funcionais com dez anos de seguimento pós-operatório foram razoáveis e melhores quando comparados às pontuações dos escores pré-operatórios.

4. MÉTODO

4. MÉTODO

4.1. Desenho do Estudo

Trata-se de um estudo primário, intervencional, pesquisa experimental *in vitro*, analítico e autocontrolado.

Este estudo foi realizado no Programa de Pós-graduação em Cirurgia Translacional da Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo em parceria com a Universidade de Pittsburgh, EUA, por meio de estágio de doutorado (com bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) da CAPES – 88881.135480/2016-01) entre o período de abril de 2017 e abril de 2018. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Robótica Ortopédica (*Orthopaedic Robotics Laboratory – ORL*) da Universidade de Pittsburgh, Pittsburgh, EUA. O estudo seguiu os preceitos ético-legais da instituição, sendo autorizado pelo comitê responsável local antes do início dos experimentos (*Committee for Oversight of Research and Clinical Training Involving Decedents – CORID No 501*) (Apêndice 1) e aprovado pelo Comitê de Ética da UNIFESP sob número CAAE: 97348918.2.0000.5505 (Apêndice 2).

4.2. Amostra

Foram utilizados dez joelhos de cadáveres congelados a fresco. Os joelhos foram adquiridos do banco de tecidos *Research for Life*, acreditado pela Associação Americana de Bancos de Tecidos.

4.3. Critérios de inclusão

- Doador com mais de 18 anos de idade
- Sem história de cirurgia prévia no joelho;
- Sem história de doença reumatológica.

4.4. Critérios de não-inclusão

- Deformidades ósseas
- Osteoartrose maior do que grau 2 pela classificação de Kellgren-Lawrence (KELLGREN & LAWRENCE, 1957)
- Lesões ligamentares
- Lesões meniscais
- Lesões condrais maiores do que grau 2 pela classificação da ICRS (BRITTBERG & WINALSKI, 2003).

4.5. Exames Complementares

Todos os joelhos foram submetidos a radiografias anteroposterior e lateral do joelho, em extensão completa, para avaliação de deformidade ósseas, grau de osteoartrose e para mensuração, de acordo com o método de POLLARD *et al.* (1995) das dimensões do aloenxerto meniscal, para que então fosse solicitado um aloenxerto de tamanho adequado para cada joelho.

Além disso, todos os joelhos foram submetidos à artroscopia diagnóstica antes do início dos testes para investigar a presença de lesões ligamentares, meniscais e condrais.

4.6. Técnica de preparo e posicionamento dos joelhos no sistema de testes robóticos

Os joelhos foram armazenados em freezer a -20° Celsius e descongelados em temperatura ambiente 24 horas antes do início dos testes (Woo *et al.*, 1986). O fêmur e a tíbia eram cortados a 20 cm da linha articular e a fíbula era fixada à tíbia utilizando um parafuso bicortical para manter sua posição anatômica. O fêmur e a tíbia eram envasados em um composto epóxi (Bondo; 3M) e fixados em braçadeiras de alumínio feitas sob medida.

Cada joelho a ser testado era montado em um sistema de testes robóticos (modelo MJT FRS2010, Chino, Japão) que consiste em um

manipulador de seis graus de liberdade (Figura 1). A braçadeira do fêmur era fixada rigidamente à placa inferior do sistema de testes robóticos e a braçadeira da tíbia era fixada na placa da extremidade superior do manipulador robótico através de um sensor universal de força/momento (UFS – *Universal Force/Moment Sensor*; ATI Delta IP60 modelo SI-660-60, Apex, EUA), que é utilizado para fornecer *feedback* ao controlador (Figura 2). O sistema é controlado pelo programa LabVIEW (Technology Services Inc., Chino, Japão), projetado para testes biomecânicos de joelho, e operado em controle de impedância de velocidade híbrida. A repetibilidade da posição e orientação do sistema de testes robóticos é menor do que 0,015mm e 0,01°, respectivamente (BELL *et al.*, 2015). A incerteza de medição (precisão) do UFS é de aproximadamente 1% da escala total (BELL *et al.*, 2015). A cinemática foi definida com base no sistema de coordenadas de GROOD & SUNTAY (1983). Em resumo, uma linha através dos sítios de inserção femoral do ligamento colateral lateral (LCL) e do ligamento colateral medial (LCM) define o eixo de rotação flexo-extensão e o eixo de translação médio-lateral. O longo eixo da tíbia define o eixo de rotação interno-externo e o eixo de translação proximal-distal. O produto cruzado dos dois primeiros eixos cria o terceiro eixo de rotação varo-valgo e o eixo de translação anterior-posterior. O joelho intacto era fletido de extensão total a 90° de flexão do joelho para determinar o trajeto de seis graus de liberdade da flexão-extensão passiva. As posições que satisfaziam a condição de força zero e momento zero em toda a amplitude de movimento eram determinadas como o caminho da flexão-extensão passiva.



Figura 1: Sistema de testes robóticos modelo MJT FRS2010.

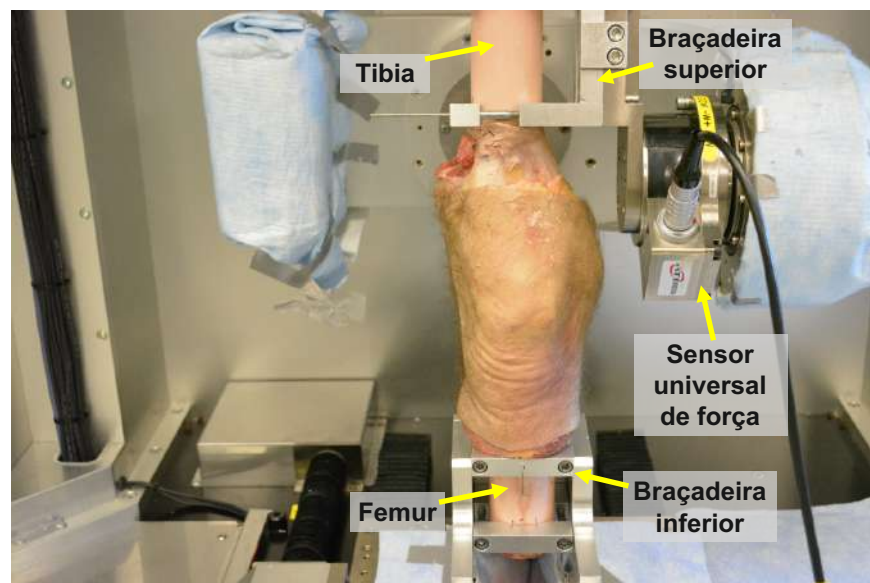


Figura 2: Joelho preparado e posicionado no sistema de testes robóticos.

Neste sistema de testes robóticos, o joelho de cadáver é posicionado invertido, com a tíbia fixada à braçadeira superior e o fêmur à braçadeira inferior. Isto porque é o braço robótico superior que aplica as forças no espécime com seis graus de liberdade, e assim como ocorre *in vivo*, as forças são aplicadas na tíbia, que se movimenta em relação ao fêmur.

4.6. Protocolo de Teste e Sequência dos Procedimentos Cirúrgicos

Três condições de carga eram aplicadas ao joelho intacto, enquanto o joelho era continuamente flexionado de extensão total a 90° de flexão, e a cinemática resultante era registrada. As três condições de carga eram (1) 134 N de carga tibial anterior combinada com 200 N de compressão axial, (2) 5 Nm de torque tibial interno combinado com 5 Nm de torque em valgo e (3) 5 Nm de torque tibial externo combinado com 5 Nm de torque em valgo. As magnitudes das condições aplicadas foram escolhidas com base em estudos preliminares para obter as maiores mudanças cinemáticas e de forças. Após a aplicação das cargas no joelho intacto, uma meniscectomia total lateral era realizada artroscopicamente. Uma incisão parapatelar lateral de 2 cm e uma artrotomia eram realizadas para remover completamente o menisco lateral. A cápsula articular e a incisão na pele eram então fechadas de maneira padrão, com fio de sutura inabsorvível nº 2-0. Em seguida, operando em modo de controle de posição, o sistema de testes robóticos reproduzia a cinemática registrada anteriormente do joelho intacto sob as três cargas externas, enquanto o UFS media as novas forças e momentos. Pelo princípio da superposição (FUJIE *et al.*, 1995; FUJIE, SEKITO, ORITA, 2004; LIVESAY *et al.*, 1995), a mudança na força medida antes e depois da

meniscectomia total lateral representa a força resultante no menisco lateral intacto. Essa é a força que o menisco carrega em resposta a uma determinada carga aplicada ao joelho (ALLEN *et al.*, 2000). A seguir, as três condições externas de carga eram aplicadas ao joelho após a meniscectomia total lateral pelo sistema de testes robóticos para determinar a cinemática do joelho meniscectomizado.

O transplante meniscal lateral com bloco ósseo era então realizado (veja abaixo). As três condições externas de carga eram aplicadas ao joelho pelo sistema de testes robóticos para determinar a cinemática do joelho com a técnica de fixação do transplante meniscal lateral com bloco ósseo. A seguir, as raízes meniscais (conexões ao bloco ósseo) eram excisadas e o transplante meniscal lateral apenas com sutura era realizado, para fixação dos cornos anterior e posterior do aloenxerto meniscal (veja abaixo). As três condições externas de carga eram aplicadas ao joelho, pelo sistema de testes robóticos, para determinar a cinemática do joelho com a técnica de fixação do transplante meniscal lateral apenas com sutura. Após a aquisição dos dados cinemáticos para a última condição experimental do joelho, o aloenxerto meniscal era removido. A cinemática do joelho com as técnicas de fixação do transplante meniscal lateral com bloco ósseo e apenas com sutura era repetida e as forças e momentos eram registrados. A mudança na força medida antes e após os transplantes de menisco representa a força resultante no aloenxerto meniscal para as condições experimentais do joelho de transplante meniscal lateral com bloco ósseo e de transplante meniscal lateral apenas com sutura. As forças resultantes no aloenxerto meniscal são as forças que os aloenxertos meniscais carregam em resposta a uma determinada carga aplicada ao joelho. Em seguida, todo o tecido mole era removido, exceto o LCA. A cinemática das condições experimentais do

joelho intacto, meniscectomia total lateral, transplante meniscal lateral com bloco ósseo e transplante meniscal lateral apenas com sutura era repetida, e as forças e momentos eram registrados. Por último, o LCA era excisado completamente de sua origem e inserção com lâmina de bisturi nº 21 e a cinemática das condições experimentais do joelho intacto, meniscectomia total lateral, transplante meniscal lateral com bloco ósseo e transplante meniscal lateral apenas com sutura era novamente repetida, e as novas forças e momentos eram registrados. A mudança na força medida antes e depois da excisão do LCA representa a força *in-situ* no LCA em cada condição experimental do joelho (Tabela 1).

Tabela 1. Protocolo de Teste e Dados Coletados^α

Condição Experimental do Joelho / Procedimento	Condições de Carga / Repetições	Dados Coletados
Intacto	134 N CTA + 200 N CA (I); 5 Nm TTI + 5 Nm TV (II); 5 Nm TTE + 5 Nm TV (III)	Cinemática – joelho intacto (1)
Remoção do menisco lateral	Repetição 1 I, II e III	Força resultante no menisco lateral – joelho intacto Cinemática – meniscectomia total lateral (2)
Transplante meniscal lateral com bloco ósseo	I, II e III	Cinemática – transplante meniscal lateral com bloco ósseo (3)
Transplante meniscal lateral apenas com sutura	I, II e III	Cinemática – transplante meniscal lateral apenas com sutura (3)
Remoção do aloenxerto meniscal	Repetição 3	Força resultante no aloenxerto meniscal –

		Método
	Repetição 4	transplante meniscal lateral com bloco ósseo Força resultante no aloenxerto meniscal – transplante meniscal lateral apenas com sutura
Remoção das partes moles exceto LCA	Repetição 1	Força inicial – joelho intacto (a)
	Repetição 2	Força inicial – meniscectomia total lateral (b)
	Repetição 3	Força inicial – transplante meniscal lateral com bloco ósseo (c)
	Repetição 4	Força inicial – transplante meniscal lateral apenas com sutura (d)
Remoção do LCA	Repetição 1	Força <i>in-situ</i> no LCA – joelho intacto
	Repetição 2	Força <i>in-situ</i> no LCA – meniscectomia total lateral
	Repetição 3	Força <i>in-situ</i> no LCA – transplante meniscal lateral com bloco ósseo
	Repetição 4	Força <i>in-situ</i> no LCA – transplante meniscal lateral apenas com sutura

^oLCA, ligamento cruzado anterior; CTA, carga tibial anterior; CA, compressão axial; TTI, torque tibial interno; TTE, torque tibial externo; TV, torque em valgo

4.8. Seleção e Preparação dos Aloenxertos Meniscais

Foram utilizados neste estudo aloenxertos meniscais laterais congelados a fresco (JRF Ortho, Centennial, EUA). Radiografias anteroposterior (AP) e lateral, em extensão total, foram obtidas de todos os

espécimes para o dimensionamento do aloenxerto e uma diferença inferior a 10% entre as medidas foi aceita (DIENST *et al.*, 2007). Os meniscos laterais foram medidos conforme descrito por POLLARD *et al.* (1995). Usando uma radiografia AP, a largura do menisco era calculada como a distância do pico da eminência tibial lateral até a periferia do compartimento tibial lateral. O comprimento do menisco era calculado como 70% do comprimento sagital medido do planalto tibial nas radiografias laterais. Os aloenxertos eram descongelados em solução salina à temperatura ambiente. Excessos de osso e tecido mole eram excisados da porção óssea do aloenxerto. O bloco ósseo era então medido com um dispositivo de medição feito especificamente para medir tanto o comprimento quanto a largura da porção do bloco ósseo do aloenxerto meniscal, para um ajuste adequado na calha tibial (Figura 3). Além disso, uma sutura com fio nº 5 Ti-Cron® (Covidien, Dublin, Irlanda) era colocada através de cada corno do aloenxerto meniscal, pela técnica de Bunnell modificada, para posterior fixação do aloenxerto quando a técnica apenas com sutura era realizada (Figura 4).

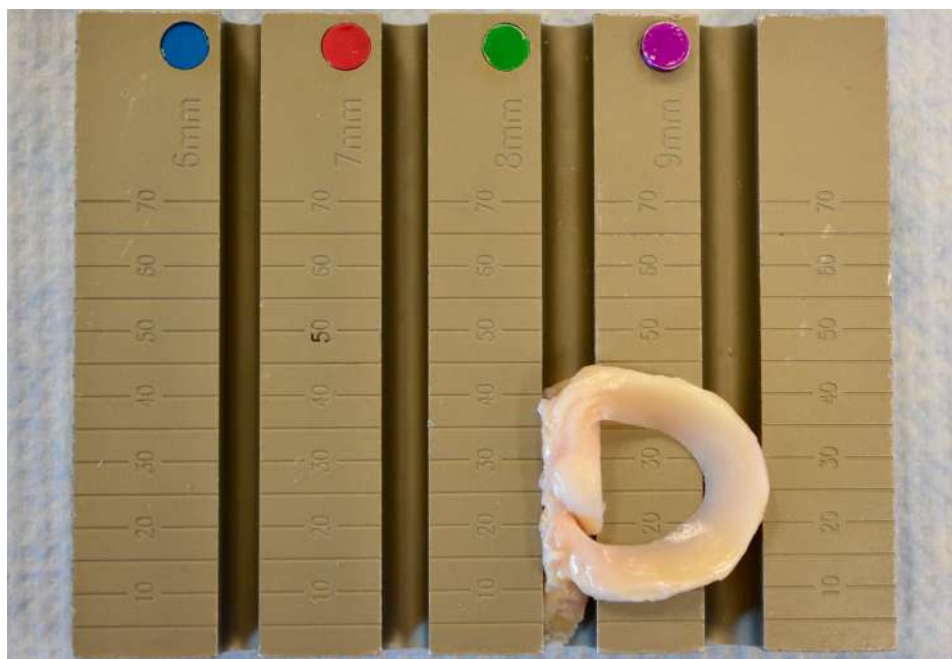


Figura 3: Mensuração do bloco ósseo do aloenxerto meniscal.

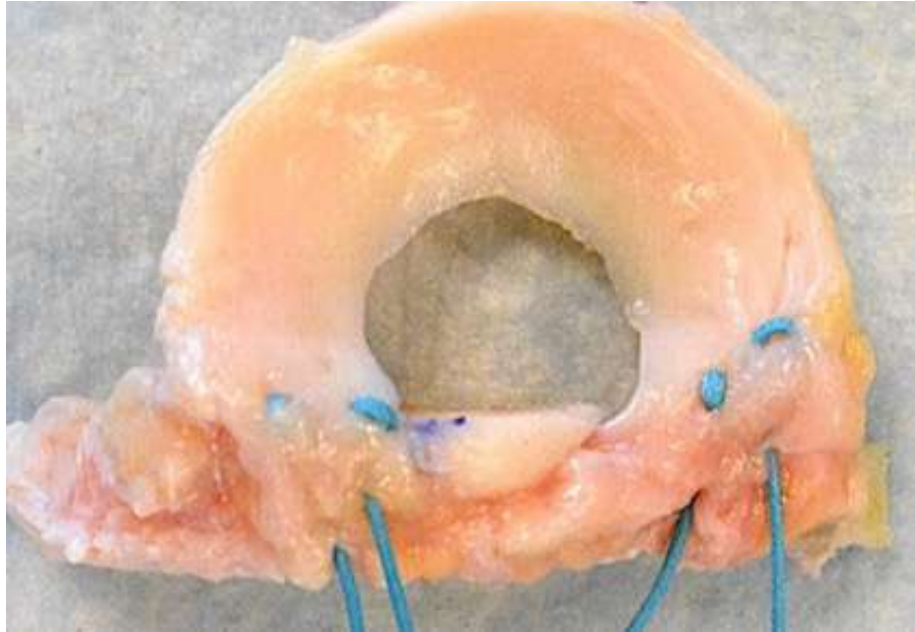


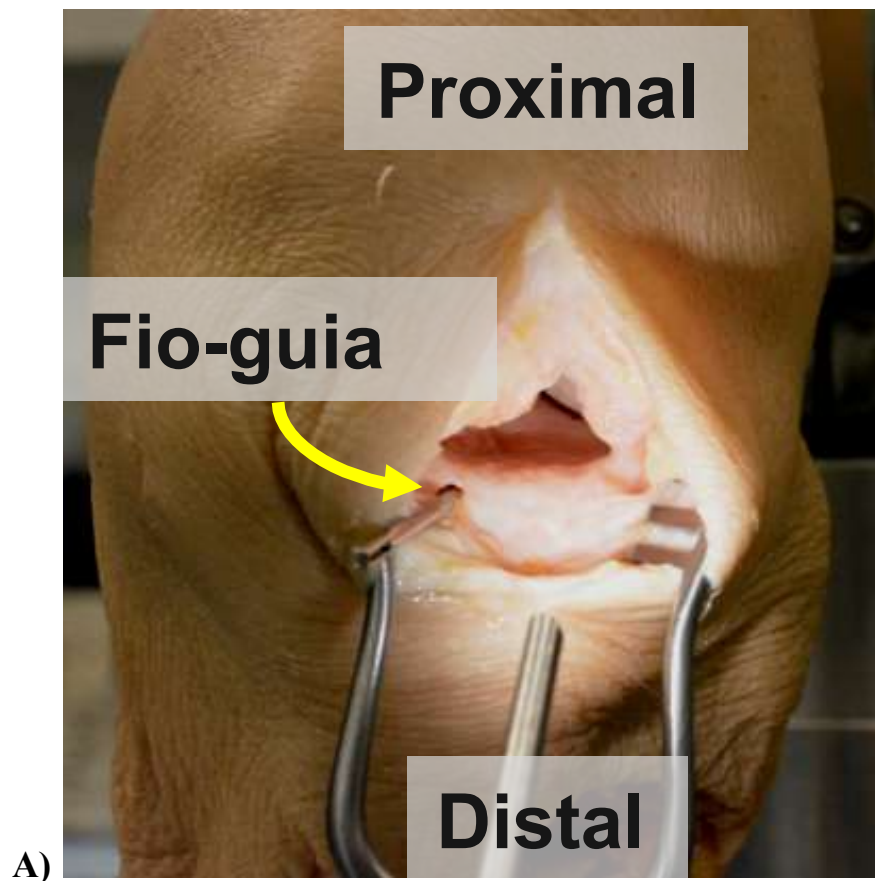
Figura 4: Aloenxerto meniscal preparado para transplante.

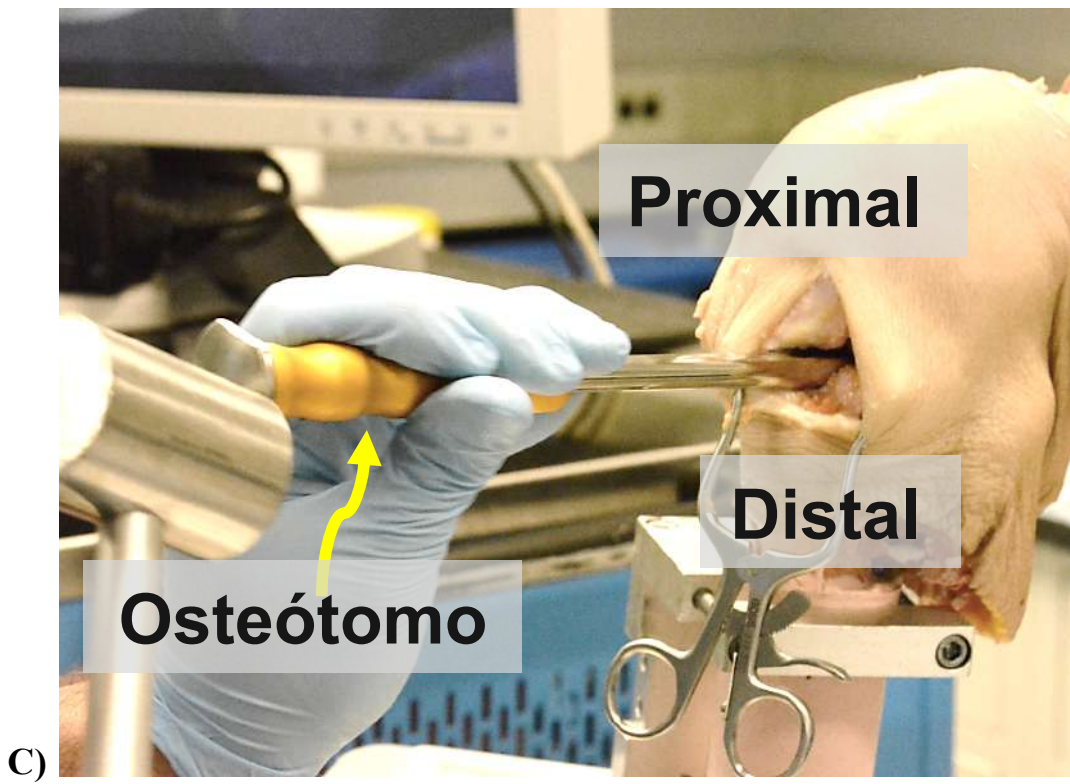
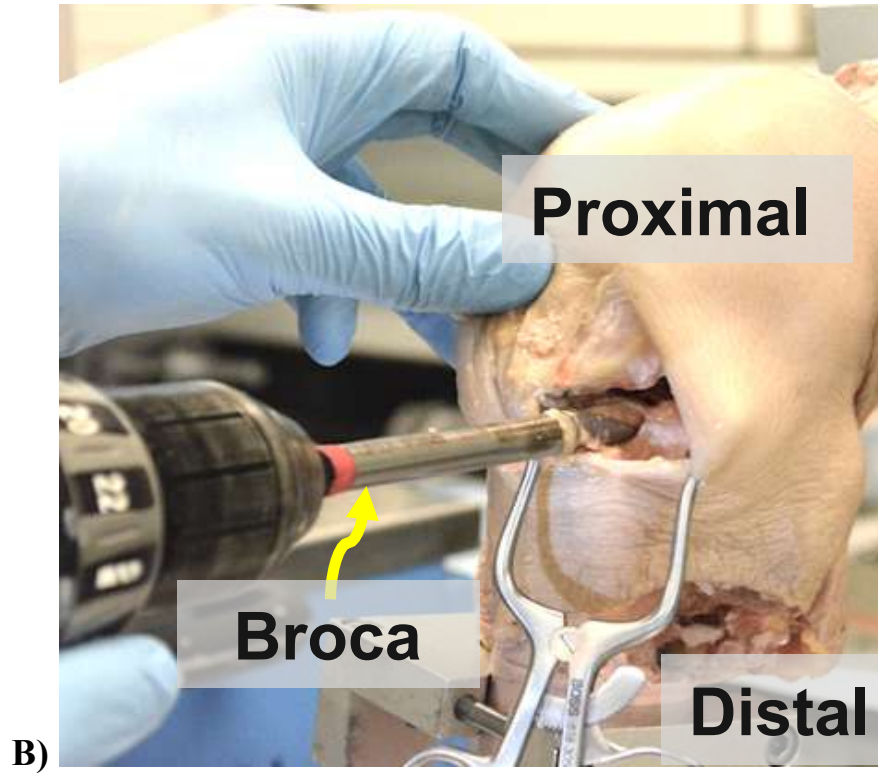
Aloenxerto meniscal preparado para transplante após colocação de suturas nº 5 através de cada corno do aloenxerto, com técnica de Bunnell modificada, para posterior fixação do aloenxerto.

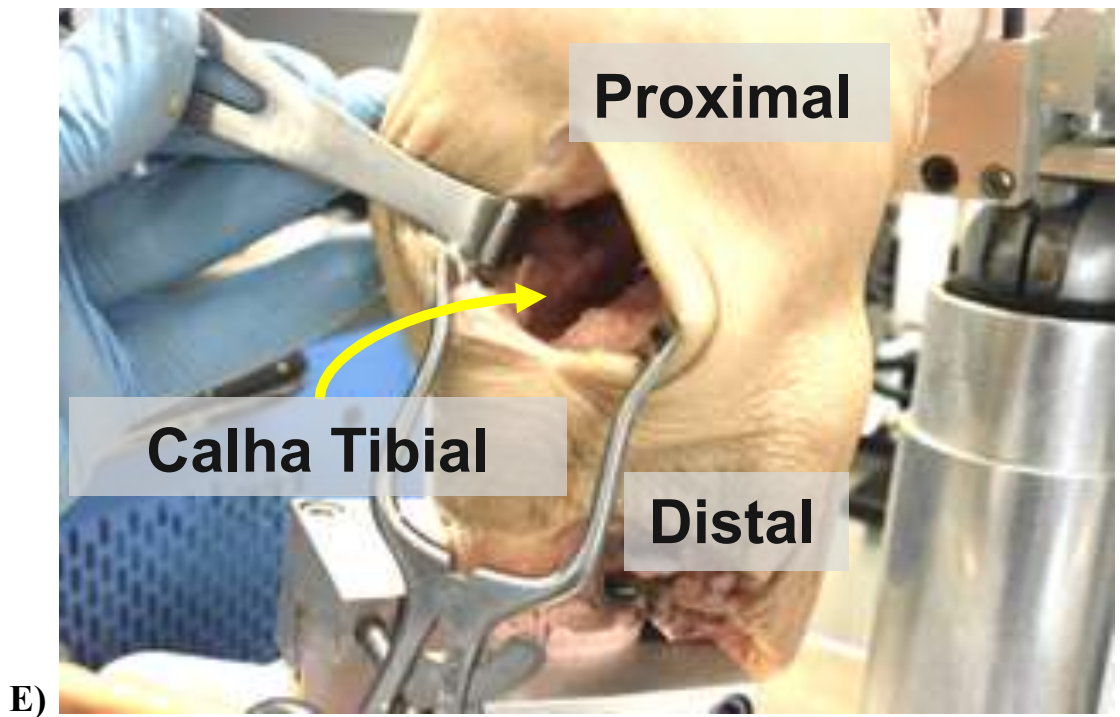
4.9. Transplante Meniscal Lateral com Bloco Ósseo

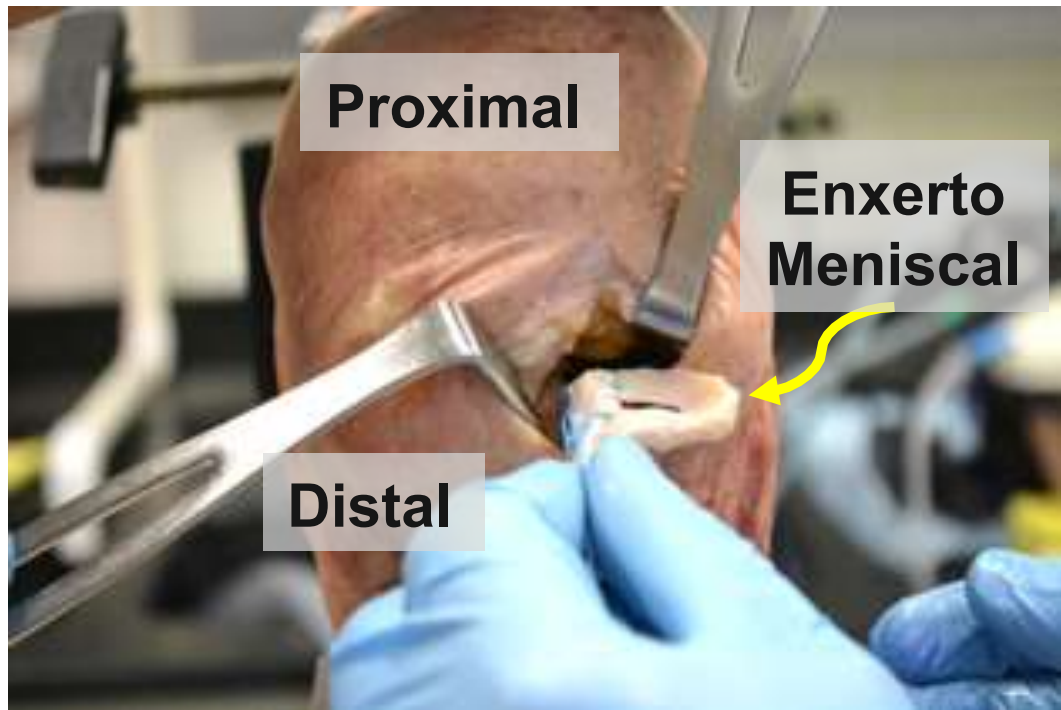
Para a realização do transplante meniscal lateral com bloco ósseo, a artrotomia anterolateral era reaberta. Um fio-guia era inserido cerca de 8 mm abaixo da superfície articular do planalto tibial lateral, em direção às inserções das raízes anterior e posterior do menisco lateral (Figura 5A). Imagens fluoroscópicas eram usadas para guiar e confirmar a posição adequada do fio-guia nos planos coronal e sagital. Uma broca com diâmetro 1 mm menor que a largura do bloco ósseo do aloenxerto era perfurada sobre

o fio-guia para criar uma calha tibial, para que o bloco ósseo do aloenxerto meniscal fosse encaixado posteriormente, com o cuidado de não penetrar a parede cortical tibial posterior (Figura 5B). Em seguida, um osteótomo de igual tamanho de largura do bloco ósseo era usado para completar a calha tibial (Figura 5C). Um dilatador raspador também era usado para alcançar a dimensão desejada e suavizar a calha tibial. A calha tibial era mensurada para confirmar que o tamanho da mesma era igual ao tamanho do bloco ósseo do aloenxerto meniscal (Figura 5D). O aloenxerto era então inserido com o bloco ósseo sendo encaixado dentro da calha tibial, para uma fixação por pressão (Figuras 5E e 5F).









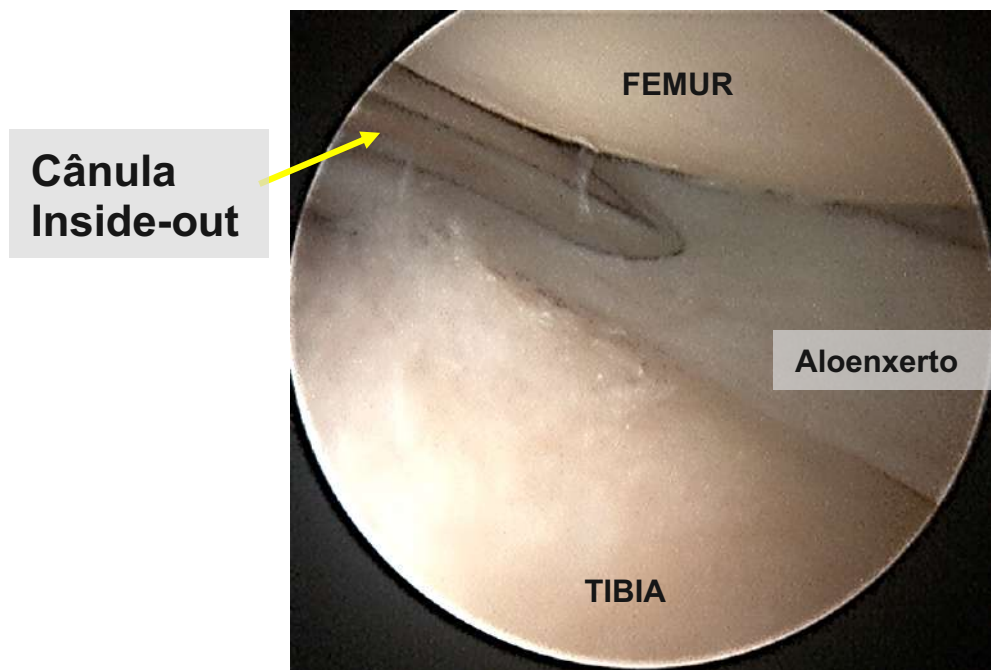
F)

Figura 5: Transplante meniscal com bloco ósseo.

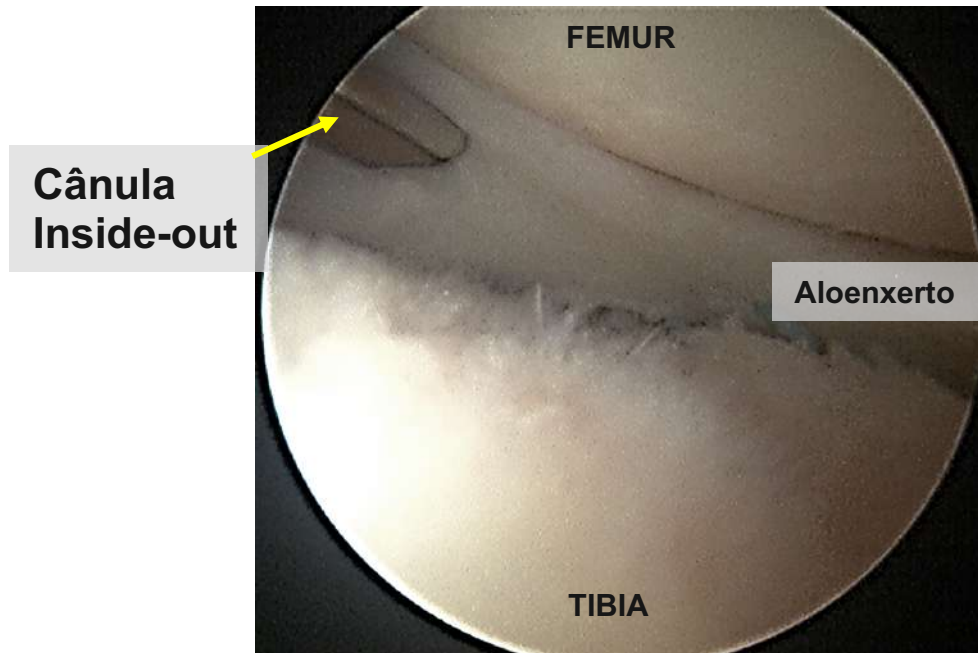
(A) colocação do fio-guia para confecção da calha tibial para o bloco ósseo do aloenxerto meniscal; (B) Perfuração da calha tibial; (C) Finalização da calha tibial com osteótomos apropriados; (D) Mensuração da calha tibial; (E) Calha tibial preparada; (F) Inserção do aloenxerto meniscal com o bloco ósseo na calha tibial.

Um torque em varo era aplicado ao joelho a 30° de flexão para redução do aloenxerto. Uma incisão longitudinal lateral era realizada imediatamente posterior ao ligamento colateral lateral e centralizada sobre a linha articular, para a passagem de suturas meniscais pela técnica *inside-out*, de dentro para fora do joelho. O intervalo entre a banda iliotibial e o tendão do bíceps femoral era dissecado e o músculo gastrocnêmio lateral era dissecado da cápsula articular, para acesso à cápsula e retirada das agulhas das suturas colocadas através do aloenxerto meniscal. Para completar a fixação do aloenxerto, suturas verticais (n° 2-0 Ti-Cron®; Covidien, Dublin, Irlanda)

eram inseridas artroscopicamente com cânulas específicas para cada zona meniscal (Linvatec, Largo, EUA) (Figuras 6A e 6B). As suturas eram distribuídas ao longo do aloenxerto meniscal com 5 mm de distância entre elas e alternando entre a superfície superior e inferior do aloenxerto, no sentido de posterior para anterior. Após a passagem de todas as suturas, as mesmas eram amarradas, de posterior para anterior, com 45° de flexão do joelho. A cápsula e as incisões da pele eram então fechadas de modo padrão.



A)



B)

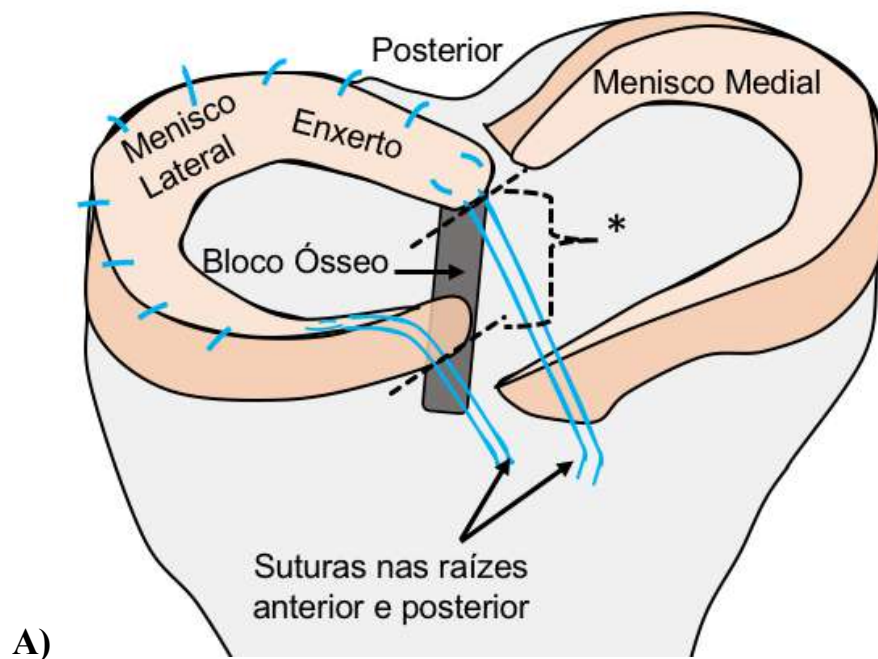
Figura 6: Suturas artroscópicas para fixação do aloenxerto meniscal.

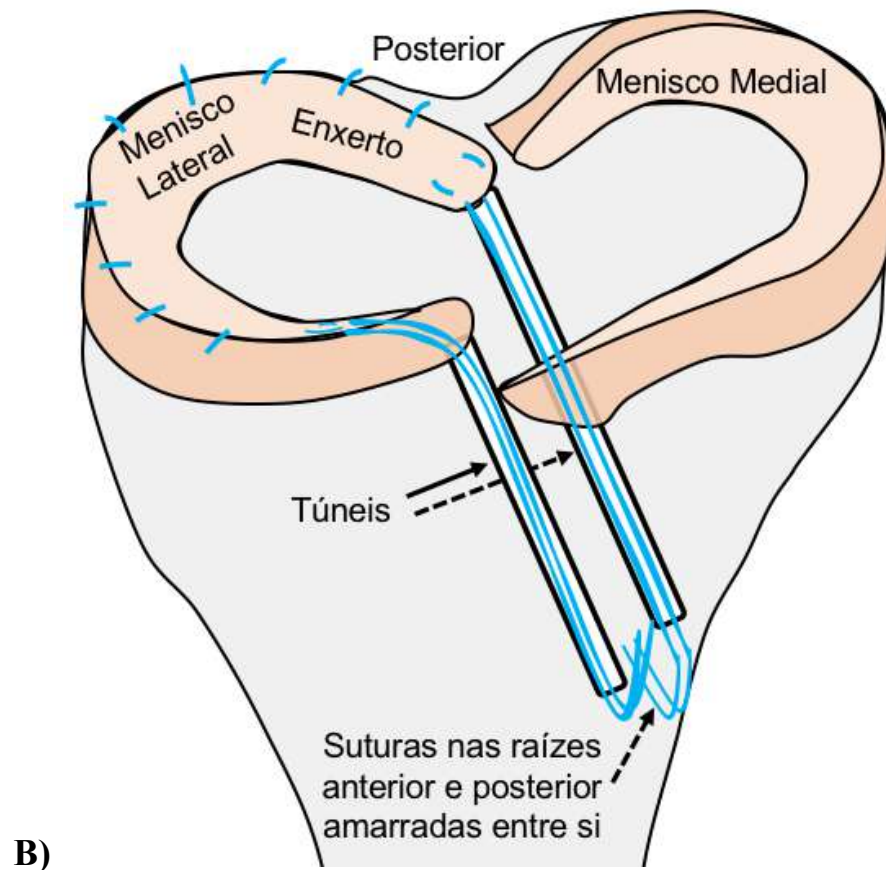
Suturas verticais por técnica artroscópica *inside-out* de sutura meniscal com cânulas específicas para cada zona meniscal, alternando entre (A) superfície superior e (B) superfície inferior do aloenxerto meniscal.

4.10. Transplante Meniscal Lateral Apenas com Sutura

Após o teste da técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo, era realizada a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura. A artrotomia anterolateral era novamente reaberta. Uma lâmina artroscópica era utilizada para excisar, do aloenxerto meniscal, as inserções da parte meniscal com o bloco ósseo (Figura 7A). Usando um guia tibial artroscópico de LCA (Smith & Nephew, Andover, EUA), dois fios-guia de 2,4 mm eram colocados na inserção das raízes anterior e posterior do

menisco lateral. Uma broca de 5 mm era perfurada sobre os fios-guia para criar túneis tibiais para fixação das raízes do aloenxerto meniscal. As suturas inicialmente colocadas nas raízes anterior e posterior do aloenxerto eram passadas através dos túneis tibiais anterior e posterior, utilizando um passador de sutura *Hewson* (Figura 7B). As suturas das raízes eram então amarradas umas às outras com 45° de flexão do joelho. A cápsula e as incisões da pele eram novamente fechadas de modo padrão.





B)
Figura 7: Transplante meniscal lateral apenas com sutura.

Fonte: o autor

(A) *Conexões dos cornos anterior e posterior do aloenxerto meniscal eram excisadas do bloco ósseo com lâmina artroscópica; (B) Túneis separados eram criados nas inserções das raízes meniscais anterior e posterior, e as suturas previamente colocadas nos cornos do aloenxerto eram passadas pelos túneis e amarradas entre si com 45° de flexão do joelho.

4.11. Análise Estatística

O cálculo amostral para este estudo foi realizado considerando-se como uma diferença significativa na translação anterior da tíbia de 10.1 ± 0.2 mm, de acordo com estudo prévio que investigou a cinemática do joelho após transplante de menisco medial (SPANG *et al.*, 2010). Com base nos parâmetros do estudo acima mencionado, foi realizada uma análise do poder da amostra para um poder de 80% e 95% de confiança, que mostrou serem necessários dez joelhos de cadáveres.

A distribuição dos dados foi analisada pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Uma análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) com correção post-hoc de Bonferroni foi utilizada para analisar as variações na cinemática e forças com 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho. O teste de Wilcoxon foi utilizado para dados não distribuídos normalmente. Variáveis contínuas são dadas como média \pm desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS 9.4 (SAS, Cary, NC, EUA). A significância foi estabelecida em $p < 0,05$.

Uma análise de potência post-hoc utilizando o programa G* Power 3.1.9.2 (Franz Paul, Kiel, Alemanha) foi realizada para determinar o poder do presente estudo. Com base nos valores médios e desvios-padrão da translação medial da tíbia em resposta às cargas anteriores, foram calculados tamanhos de efeito variando de 0,93 a 2,47. Com estes tamanhos de efeito e um nível de significância de 0,05, o poder deste estudo variou de 0,86 a 1,0.

5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

Foram incluídos para a análise final deste estudo dez joelhos de cadáveres. Seis joelhos não foram incluídos por: insuficiência do LCA (N=2), insuficiência do LCA e osteoartrose compartimento lateral > grau 2 (N=1), osteoartrose compartimento medial > grau 2 (N=1), osteoartrose compartimento lateral > grau 2 (N=1) e lesão da raiz posterior do menisco lateral e insuficiência do LCA (N=1). A Tabela 2 apresenta os dados antropométricos e demográficos dos doadores dos joelhos incluídos neste estudo.

Tabela 2. Dados demográficos e antropométricos dos doadores.

Dados demográficos e antropométricos	Resultados
Média Idade [anos] (média/desvio-padrão)	75,0/15,0
Média Massa [kg]	57,6/14,8
Média Altura [metros]	1,74/0,1
Média Índice de Massa corpórea [kg/m ²]	19,3/5,5
Sexo (M/F)	3/7

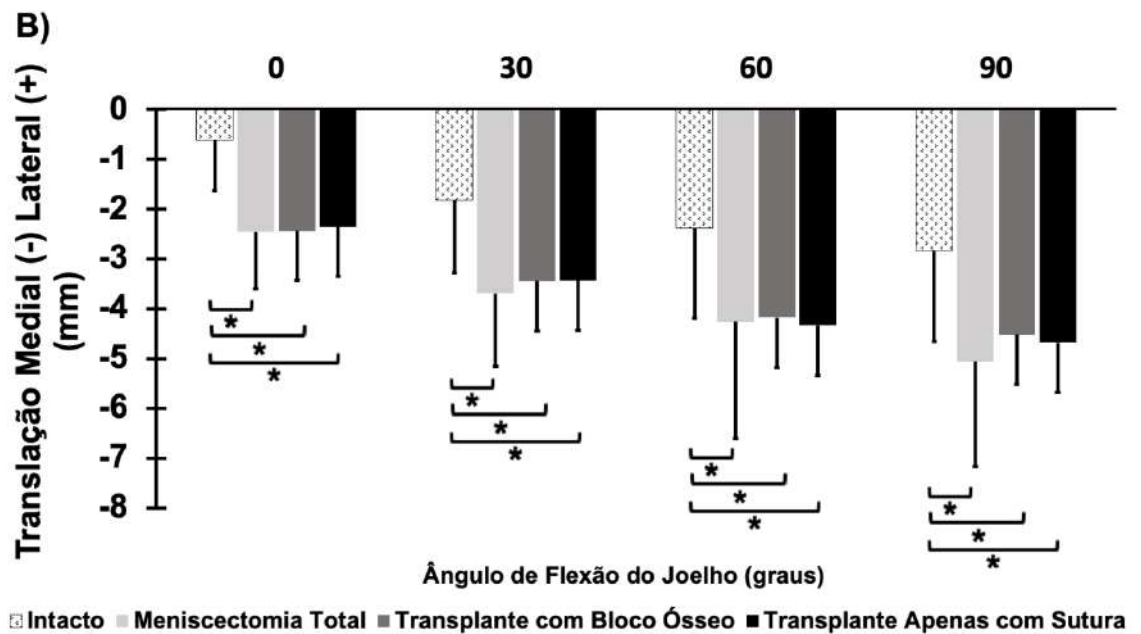
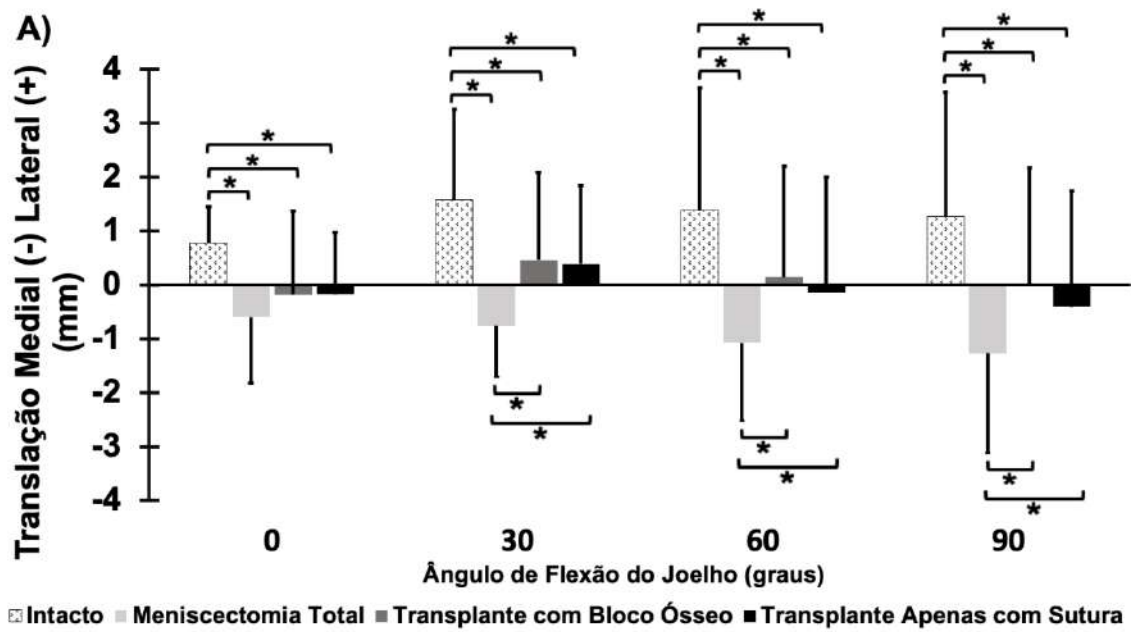
M= masculino; F= feminino.

5.1. Translação Medial-Lateral da Tíbia

Em resposta à carga tibial anterior combinada à compressão axial, a meniscectomia total lateral aumentou significativamente a translação medial da tíbia em 175,0%, 150,0%, 178,5% e 200% em relação ao joelho intacto, a 0°, 30°, 60° e 90° de joelho flexão, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 8A). A técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo diminuiu a translação medial da tíbia após meniscectomia total lateral em 54,2%, 48,0% e 50,0%, a 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 8A). Da mesma forma, a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura diminuiu a translação medial da tíbia observada após meniscectomia total lateral, com uma diferença de 50,0%, 40,0% e 34,6%, a 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 8A).

Em resposta às condições de carga rotatória –torques interno e valgo da tíbia e torques externo e valgo da tíbia– a meniscectomia total lateral levou a um aumento significativo na translação medial da tíbia em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p < 0,05$) (Figuras 8B e 8C). No entanto, nenhuma diferença significativa na translação medial-lateral da tíbia foi observada após nenhuma das técnicas de transplante meniscal lateral em todos os ângulos de flexão do joelho testados em resposta às condições de carga com torques tibiais interno e externo ($p > 0,05$) (Figuras 8B e 8C).

Nenhuma diferença entre as técnicas de transplante meniscal lateral foi observada em resposta a qualquer das cargas combinadas, em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$). (Figuras 8A-C).



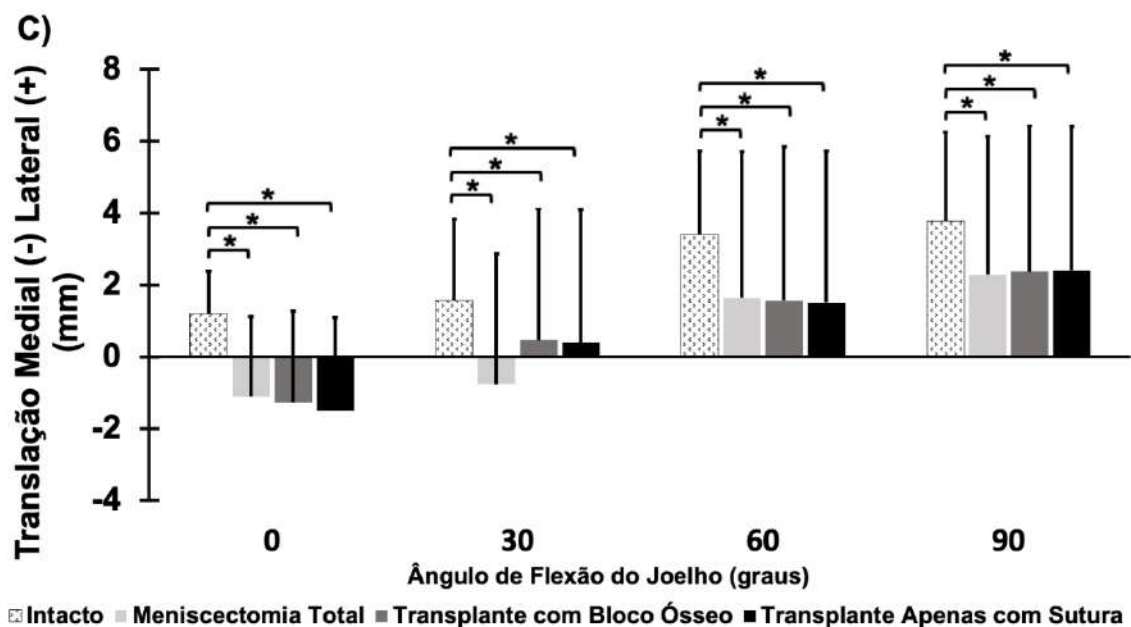


Figura 8: Translação medial da tíbia (média \pm desvio padrão) a 0°, 30°, 60° e 90° graus de flexão do joelho em resposta a (A) 134 N de carga tibial anterior + 200 N de compressão axial, (B) 5 Nm de torque tibial interno + 5 Nm de torque em valgo e (C) 5 Nm de torque tibial externo + 5 Nm de torque em valgo. *p < 0.05.

5.2. Rotação Interna-Externa da Tíbia

Em resposta à carga tibial anterior combinada à compressão axial, a meniscectomia total lateral aumentou a rotação interna da tíbia em 0,8°, 0,2°, 1,2° e 1,9° em relação ao joelho intacto, mas as diferenças não foram estatisticamente significantes ($p > 0,05$). Além disso, não foram observadas diferenças significativas na rotação interna-externa da tíbia entre a condição experimental do joelho intacto e as condições experimentais dos joelhos com

as técnicas de transplante meniscal lateral em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$).

Em resposta aos torques interno e valgo tibiais combinados, a meniscectomia total lateral levou a um aumento significativo na rotação interna da tibia em 9,5% do joelho intacto a 90° de flexão do joelho ($p < 0,05$) (Figura 9A). Ambas as técnicas de transplante meniscal lateral reduziram a rotação interna da tibia para a do joelho intacto a 90° de flexão do joelho ($p > 0,05$) (Figura 9A).

Em resposta aos torques externo e valgo tibiais combinados, a meniscectomia total lateral aumentou significativamente a rotação externa da tibia em 48,9%, 28,0%, 27,8% e 23,2% do joelho intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 9B). No entanto, nenhuma das técnicas de transplante meniscal lateral diminuiu a rotação interna-externa da tibia para a do joelho intacto ($p < 0,05$) (Figura 9B). Nenhuma diferença foi observada entre as técnicas de transplante meniscal lateral em resposta a qualquer das cargas combinadas, em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$).

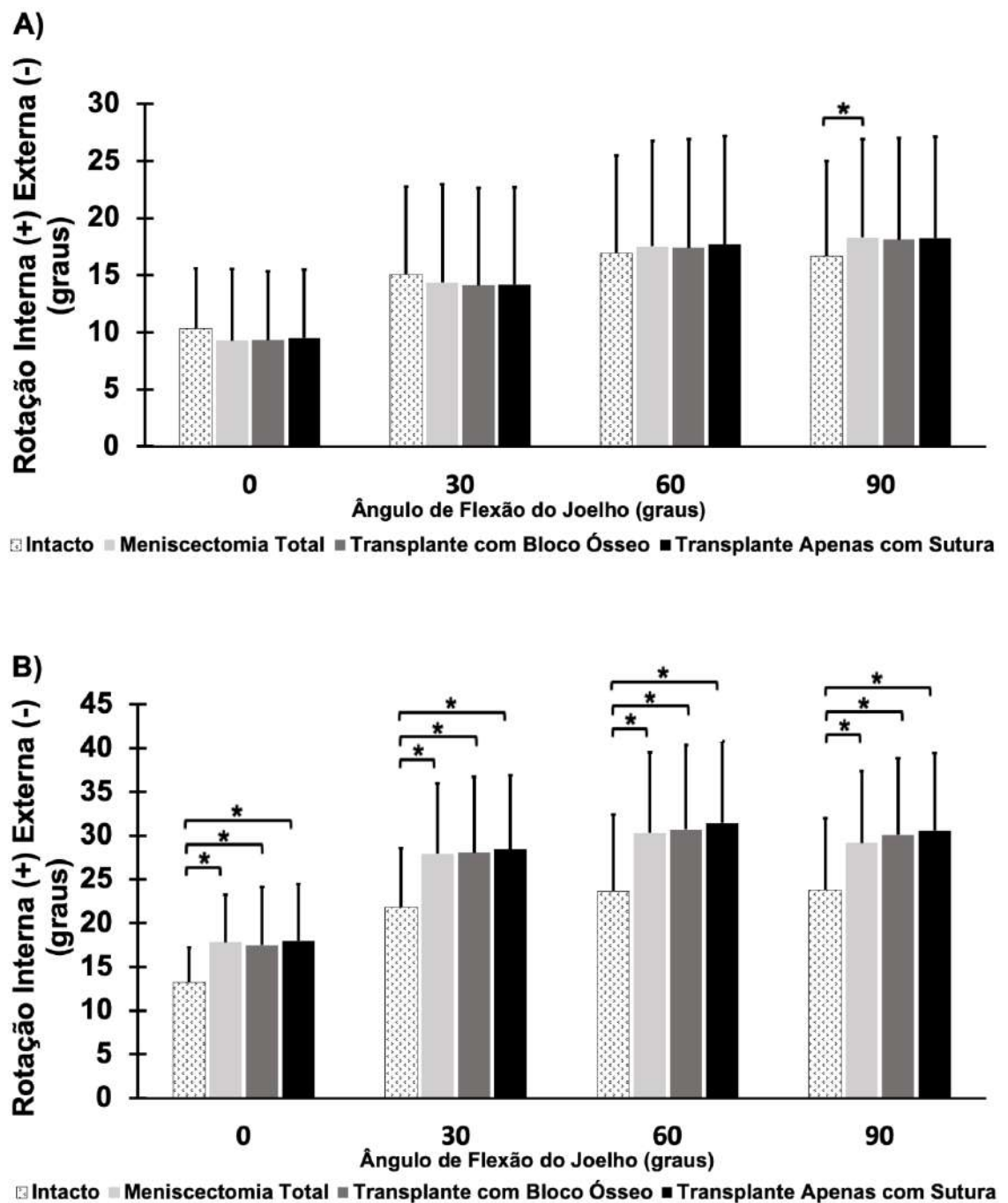


Figura 9: Rotação da tíbia (média \pm desvio padrão) a 0°, 30°, 60° e 90° graus de flexão do joelho em resposta a (A) 5 Nm de torque tibial interno + 5 Nm de torque em valgo e (B) 5 Nm de torque tibial externo + 5 Nm de torque em valgo. *p <0.05.

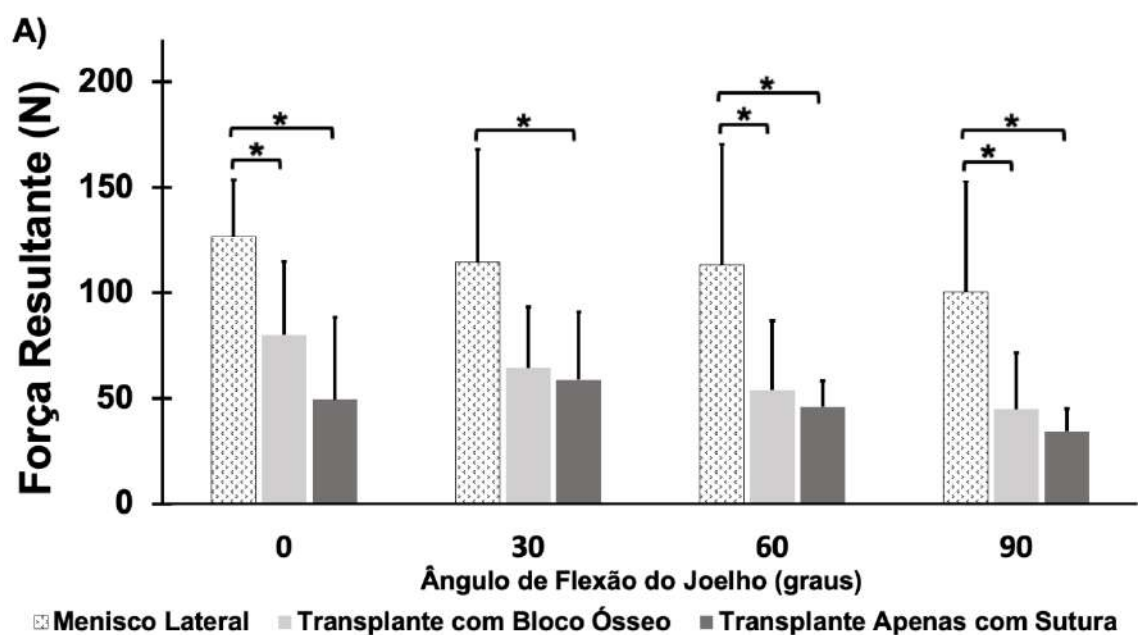
5.3. Forças Resultantes no Menisco Lateral e no Aloenxerto Meniscal

Em resposta a uma carga tibial anterior combinada à compressão axial, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo foram 63,2% ($p < 0,05$), 56,3% ($p > 0,05$), 47,5% ($p < 0,05$) e 44,6% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente (Figura 10A). Da mesma forma, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura foram 39,1% ($p < 0,05$), 51,2% ($p < 0,05$), 40,5% ($p < 0,05$) e 34,1% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente (Figura 10A). Não foram observadas diferenças entre as duas técnicas de transplante meniscal lateral em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$).

Em resposta aos torques interno e valgo tibiais combinados, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo foram 66,1% ($p > 0,05$), 55,1% ($p < 0,05$), 57,8% ($p < 0,05$) e 58,8% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente (Figura 10B). Enquanto isso, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura foram de 35,9% ($p < 0,05$), 36,6% ($p < 0,05$), 45,3% ($p < 0,05$) e 50,1% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente. Na extensão total, as forças de aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo foram significativamente maiores do que as forças após a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura ($p < 0,05$). No entanto, não

foram observadas diferenças entre as técnicas de transplante meniscal lateral a 30°, 60° e 90° de flexão do joelho ($p > 0,05$).

Em resposta aos torques externo e valgo tibiais combinados, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo foram de 83,3% ($p > 0,05$), 65,8% ($p > 0,05$), 52,2% ($p < 0,05$) e 43,6% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente (Figura 10C). Enquanto isso, as forças no aloenxerto meniscal após a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura foram de 60,7% ($p > 0,05$), 37,1% ($p < 0,05$), 40,9% ($p < 0,05$) e 27,1% ($p < 0,05$) das forças no menisco lateral intacto a 0°, 30°, 60° e 90° de flexão do joelho, respectivamente (Figura 10C). Nenhuma diferença entre as duas técnicas de transplante meniscal lateral foi observadas em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$).



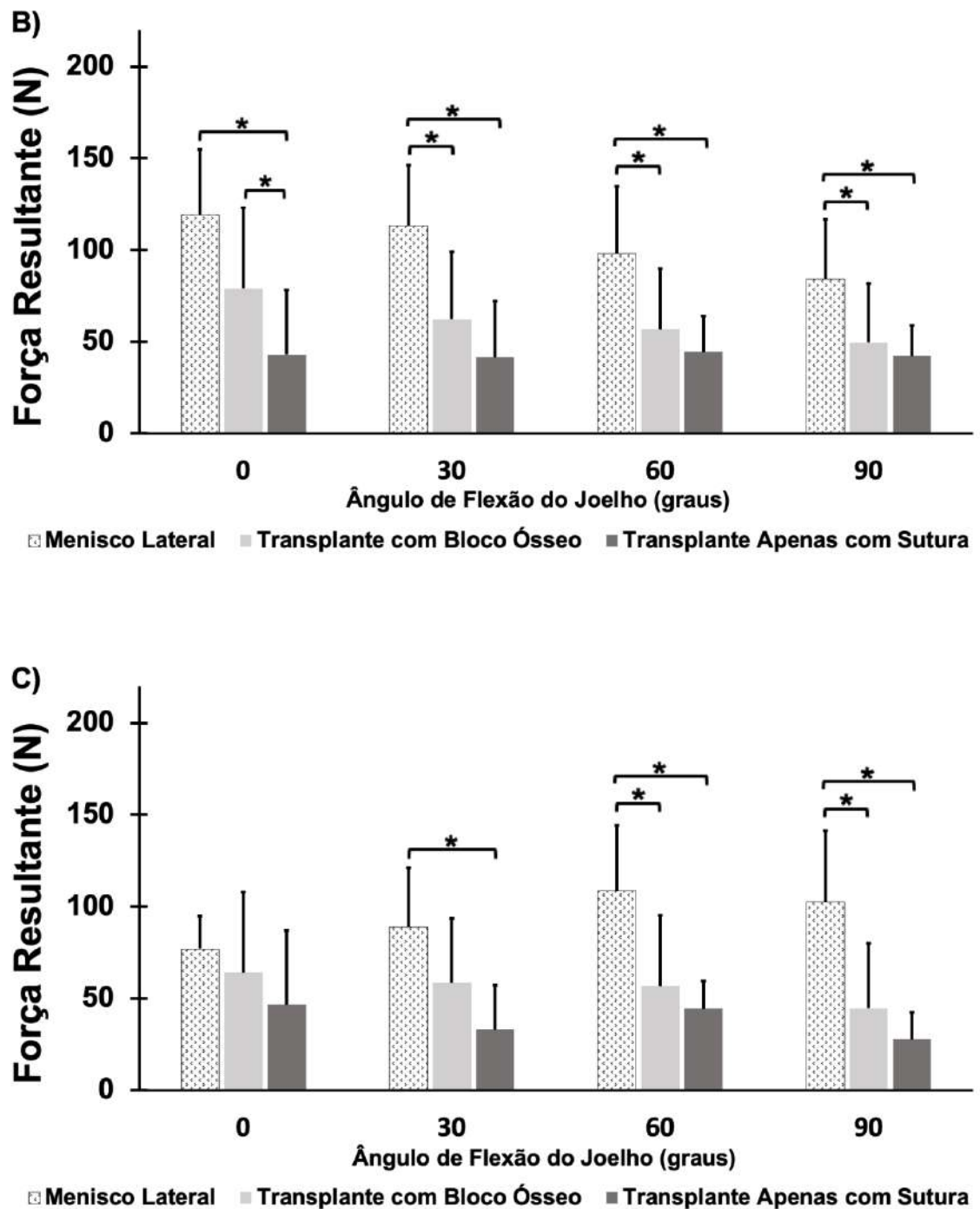


Figura 10: Forças resultantes no menisco lateral e no aloenxerto meniscal (média \pm desvio padrão) a 0°, 30°, 60° e 90° graus de flexão em resposta a (A) 134 N de carga tibial anterior + 200 N de compressão axial, (B) 5 Nm de torque tibial interno + 5 Nm de torque em valgo e (C) 5 Nm de torque tibial externo + 5 Nm de torque em valgo. * $p < 0.05$.

5.4. Força *in-situ* no LCA

Em resposta a uma carga tibial anterior combinada à compressão axial, a meniscectomia total lateral diminuiu significativamente a força *in-situ* no LCA em 27,3% e 17,6% do joelho intacto a 30° e 60° de flexão do joelho, respectivamente ($p < 0,05$) (Figura 11A). Nenhuma das técnicas de transplante meniscal lateral aumentou as forças *in-situ* no LCA para as forças *in-situ* no LCA no joelho intacto ($p > 0,05$).

Em resposta aos torques interno e valgo tibiais combinados, diminuições de até 25,8% nas forças *in-situ* no LCA foram observadas após meniscectomia total lateral em comparação ao joelho intacto, porém sem diferença estatisticamente significativa em todos os ângulos de flexão do joelho ($p > 0,05$).

Em resposta aos torques externo e valgo tibiais combinados, a meniscectomia total lateral diminuiu significativamente a força *in-situ* no LCA em comparação com o joelho intacto em extensão completa do joelho ($p < 0,05$) (Figura 11B). Não foram encontradas diferenças entre o joelho intacto e ambas as técnicas de transplante meniscal lateral a 30°, 60° e 90° de flexão do joelho ($p > 0,05$).

Diferenças de até 25% na força *in-situ* no LCA entre as técnicas de transplante meniscal lateral foram observadas, embora sem diferença estatisticamente significativa em resposta a qualquer das cargas combinadas, em todos os ângulos de flexão do joelho testados ($p > 0,05$).

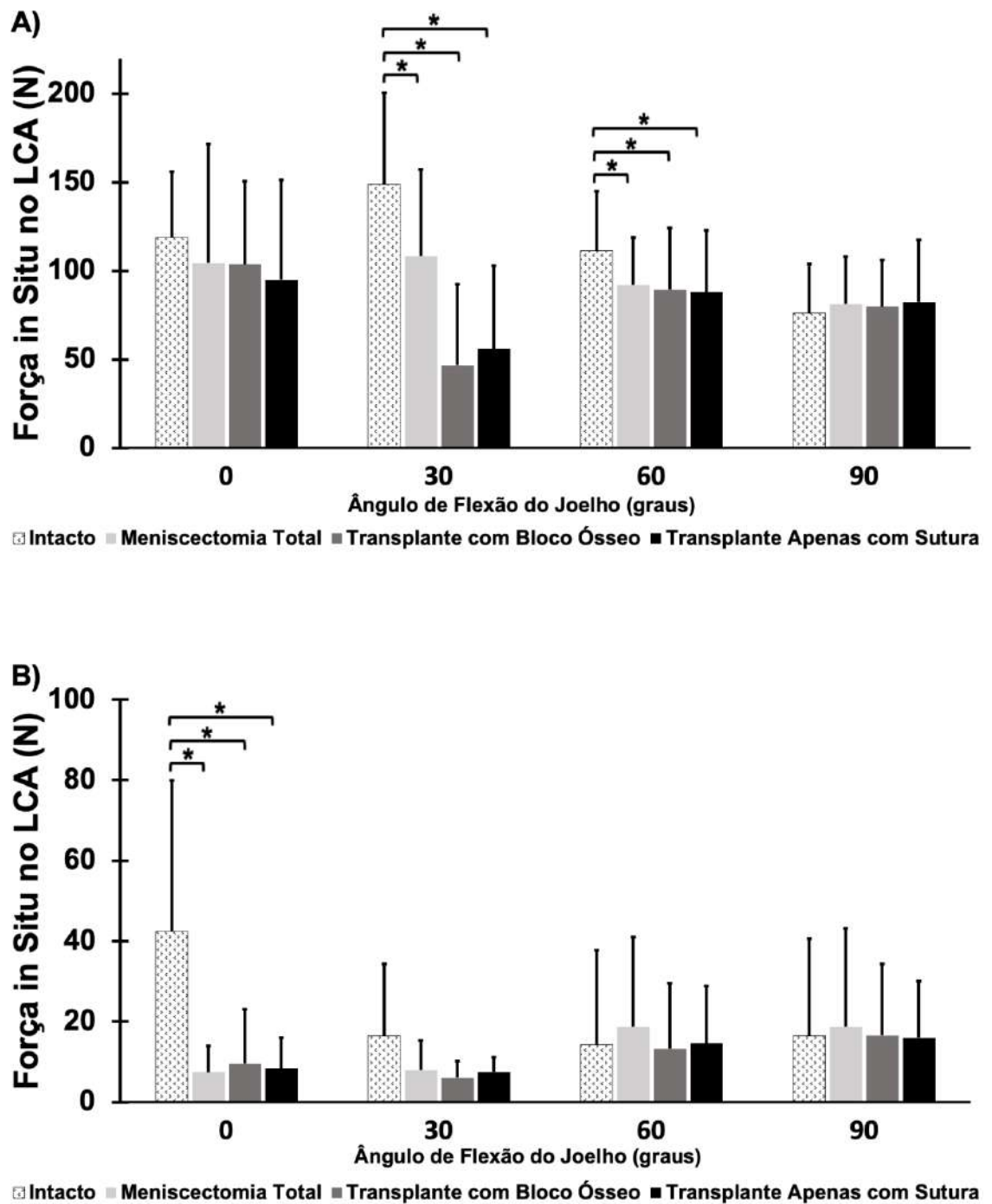


Figura 11: Força *in-situ* no LCA (média \pm desvio padrão) a 0°, 30°, 60° e 90° graus de flexão do joelho em resposta a (A) 134 N de carga tibial anterior + 200 N de compressão axial e (B) 5 Nm de torque tibial externo + 5 Nm de torque em valgo. * $p < 0.05$.

6. DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

Um dos principais achados deste estudo foi que, em resposta às cargas anteriores, o transplante meniscal lateral foi capaz de atenuar cerca de metade do aumento da translação medial observada após a meniscectomia total lateral. No entanto, o transplante meniscal lateral não restaurou completamente a translação medial-lateral da tíbia para a do joelho intacto, e nenhuma melhora na translação medial-lateral, nem na rotação interna-externa, foi observada quando as cargas rotatórias e valgo combinadas foram aplicadas. Embora a diferença entre a translação medial-lateral do joelho intacto e após o transplante meniscal lateral tenha sido pequena (aproximadamente 2 mm), este resultado pode não apenas ser estatisticamente significativo, mas também clinicamente relevante, uma vez que é a translação medial-lateral que se relaciona com a extrusão do menisco. Este resultado pode explicar, em parte, a alta taxa (50%) de extrusão do transplante meniscal observada em Ressonância Magnética pós-operatória, mesmo logo após a cirurgia, como mostrou um estudo prévio com quase metade dos aloenxertos meniscais com extrusões maiores do que 3 mm na Ressonância Magnética, já no segundo de dia pós-operatório (LEE *et al.*, 2012).

As forças resultantes no aloenxerto meniscal foram aproximadamente 50-60% das forças no menisco lateral intacto em todas as condições testadas. Este resultado pode ressaltar a função relevante de suporte de carga dos aloenxertos meniscais em resposta a cargas anteriores, compressivas e rotatórias, embora não iguais ao menisco intacto. Estudos anteriores com modelos de elementos finitos mostraram que a quantidade de menisco ressecado em procedimentos de meniscectomia é proporcional à pressão de

contato e inversamente proporcional à área de contato do menisco. A remoção de apenas 5-10% do menisco medial pode aumentar as pressões em até 141% na região central (ZIELINSKA & DONAHUE, 2006). Outro estudo observou que o estresse máximo na cartilagem tibial aumentou 178% após meniscectomia parcial de 50% do menisco e 752% após meniscectomia total (ATMACA *et al.*, 2013). Portanto, a função de suporte de carga observada pelos aloenxertos meniscais de 50-60% em relação ao joelho intacto no presente estudo pode ser valiosa para reduzir as pressões de contato que estão significativamente aumentadas em pacientes meniscectomizados.

As consequências cinemáticas da meniscectomia total lateral neste estudo reafirmam o efeito desestabilizador da deficiência do menisco lateral. Ao longo de uma série de ângulos de flexão, a meniscectomia total lateral resultou em aumentos significativos na translação medial e instabilidade rotacional do joelho. Esses resultados corroboram os achados de estudos anteriores, que mostraram que o menisco lateral serve como restritor secundário à translação anterior da tíbia quando submetido a cargas rotatórias e valgo combinadas (MUSAHL *et al.*, 2010; PETRIGLIANO *et al.*, 2011). Nestes resultados encontra-se a potencial utilidade do transplante meniscal lateral como um procedimento capaz de reduzir a instabilidade do joelho associada à deficiência meniscal.

Em comparação com o transplante meniscal medial, há dados limitados para sugerir que esse tipo de transplante pode diminuir a translação no plano sagital da tíbia no contexto de uma deficiência do menisco medial. Em um estudo prévio, utilizando-se um aparato de testes capaz de aplicar cargas anteriores na tíbia de 150 N, avaliou-se a magnitude da translação anterior da tíbia em três condições experimentais: joelho intacto,

meniscectomia total medial e transplante meniscal medial (SPANG *et al.*, 2010). Magnitudes significativamente aumentadas da translação anterior da tibia na condição experimental de meniscectomia total medial (média de $10,6 \pm 0,2$ mm) em relação à condição experimental de joelho intacto (média de $9,6 \pm 0,6$ mm) a 30° de flexão do joelho foram observadas ($p = 0,01$). As diferenças entre o joelho intacto (média de $9,6 \pm 0,6$ mm) e o joelho após transplante meniscal medial (média de $10,1 \pm 0,2$ mm), apesar de representar apenas uma redução de 50% na translação anterior da tibia do aumento observado após a meniscectomia total medial, não foram significativamente diferentes ($p = 0,12$). Esses achados formaram a base para a qual se acredita que o transplante meniscal medial pode ser capaz de melhorar a estabilidade do joelho nos casos de deficiência meniscal medial.

Em contraste, três diferentes condições de carga foram aplicadas no presente estudo robótico para uma análise mais minuciosa das mudanças na cinemática do joelho após meniscectomia total lateral e transplante meniscal lateral: (1) cargas tibiais anteriores foram usadas para testar frouxidão anterior do joelho, (2) o torque interno tibial e valgo foram combinados para simular uma manobra de pivô-shift, e (3) o torque externo tibial e valgo foram combinados para avaliar melhor a estabilidade rotatória do joelho. Ainda assim, o transplante meniscal lateral, independentemente da técnica de fixação, não restaurou completamente a estabilidade do joelho à condição experimental do joelho intacto, especialmente em relação à rotação.

Este estudo procurou caracterizar os efeitos da meniscectomia e do subsequente transplante meniscal lateral sobre a força *in-situ* no LCA, uma vez que estudos anteriores demonstraram uma relação recíproca entre os meniscos e o LCA (PAPAGEORGIU *et al.*, 2001; SEON *et al.*, 2009). Porém, na maioria das condições de teste, não foram observadas alterações

significativas na força *in-situ* no LCA após meniscectomia total lateral. Além disso, observou-se que a meniscectomia total lateral diminuiu a força *in-situ* no LCA a 30° e 60° de flexão do joelho em resposta à translação anterior tibial combinada à compressão axial. Estes resultados mostram que a instabilidade do joelho observada após a meniscectomia total lateral não sobrecarregou ou comprometeu o LCA em resposta às cargas translacionais e rotatórias. Assim, outras estruturas –como as estruturas posterolaterais do joelho e o compartimento lateral– podem estar sobrecarregadas nesses cenários. As estruturas posterolaterais do joelho, que atuam como restritores primários à rotação externa (LAPRADE, TSO, WENTORF, 2004), perdem suas conexões com o menisco lateral após uma meniscectomia total lateral. Após uma meniscectomia total lateral, as estruturas posterolaterais podem estar carregando forças adicionais. *In vivo*, embora não totalmente restabelecidas pelas suturas do aloenxerto meniscal à cápsula, as conexões entre o aloenxerto e as estruturas posterolaterais podem cicatrizar e melhorar a distribuição de força em comparação com a distribuição de forças observada neste estudo. Além disso, foi demonstrado um aumento na pressão no compartimento lateral de até 335% após meniscectomia total lateral (PALETTA *et al.*, 1997), portanto o compartimento lateral pode estar carregando forças adicionais nesses cenários. Enquanto espera-se que um LCA insuficiente resulte no aumento de forças no menisco, a relação inversa não deve ser esperada. Os resultados do presente estudo são concordantes com este achado e são corroborados por um estudo biomecânico prévio, que similarmente não observou aumento na força *in-situ* no LCA em resposta à meniscectomia parcial (SHIRAZI & SHIRAZI-ADL, 2009).

A incapacidade do transplante meniscal lateral de restaurar completamente a estabilidade e as forças do joelho pode indicar o papel

único do menisco lateral e os desafios associados à substituição de uma estrutura tão vital. Para esse fim, procuramos replicar os métodos de transplante meniscal utilizados na prática clínica com o intuito de otimizar a correspondência entre o aloenxerto meniscal e as amostras de joelho, reconhecendo que, mesmo os erros de tamanho menores que 10%, aceitos na prática clínica, podem levar a uma restauração imperfeita da cinemática do joelho intacto. Com as técnicas mais populares de transplante meniscal lateral, somente as conexões das raízes anteriores e posteriores meniscais são restabelecidas com a tibia (fixadas no bloco ósseo ou apenas com suturas). Embora o menisco lateral seja mais móvel e tenha menos conexões com a tibia em comparação com o menisco medial (especialmente na área do tendão poplíteo), ele possui ligamentos meniscotibiais (ligamentos coronários) conectando o menisco à tibia e ligamentos meniscofemorais que não são reconstruídos durante o transplante meniscal lateral com as técnicas atuais (KIMURA *et al.*, 1992). A colocação de múltiplas suturas entre o aloenxerto e a cápsula articular pode não recriar perfeitamente as numerosas ligações do menisco intacto ao planalto tibial e tecidos moles adjacentes. Portanto, este estudo destaca os limites das técnicas atuais do transplante meniscal. Estudos futuros devem ser focados em modificações nas técnicas do transplante meniscal (por exemplo, adição de pontos de fixação entre aloenxerto meniscal e tibia) para melhor restauração da cinemática e das forças em relação ao menisco lateral intacto.

Uma limitação do presente estudo é que, inerente aos estudos biomecânicos, as avaliações no tempo zero não podem explicar as mudanças observadas *in vivo* no pós-operatório quando os tecidos reparados e/ou reconstruídos cicatrizam; com o tempo, o aloenxerto pode estar mais firmemente aderido e os benefícios potenciais do transplante de menisco

para a cinemática do joelho podem ser melhor apreciados. Outra limitação dos estudos com cadáveres é que as cargas aplicadas aos espécimes podem não replicar exatamente as forças a que os joelhos são submetidos quando realizam atividades diárias, embora três cargas diferentes tenham sido escolhidas para serem aplicadas aos espécimes para realizar uma análise mais completa. Além disso, a idade dos doadores dos espécimes era maior do que a idade da população que geralmente é submetida ao transplante de menisco. No entanto, uma avaliação completa de cada espécime antes do teste assegurou que não houvesse mudanças degenerativas importantes nos espécimes. O principal desafio técnico durante este estudo foi evitar a quebra do córtex posterior do planalto tibial ao realizar a calha tibial. No entanto, isso foi cuidadosamente evitado e nenhum espécime foi excluído devido a essa possível complicação. Outra limitação foi que a amplitude de movimento testada foi de apenas 0-90° de flexão do joelho e não a amplitude de movimento normal do joelho. Esse limite foi estabelecido durante os pré-testes, que observaram que, quando as cargas escolhidas eram aplicadas na flexão profunda do joelho, as forças e o movimento do joelho poderiam prejudicar o sistema de testes robóticos. Testar no mesmo joelho é uma limitação do estudo devido à ruptura dos tecidos moles. Além disso, o teste na mesma ordem também é uma limitação, uma vez que a técnica de transplante meniscal lateral apenas com sutura não pôde ser testada antes da técnica de transplante meniscal lateral com bloco ósseo, porque as conexões meniscais ao osso teriam que ser excisadas na técnica apenas com sutura.

Em suma, trata-se de estudo pioneiro na avaliação da cinemática, das forças resultantes no menisco e no aloenxerto meniscal e das forças *in-situ* no LCA após transplante meniscal lateral, sem relato prévio na literatura. Dadas as funções importantes de estabilidade e absorção de choque e

distribuição de forças do menisco lateral, um melhor entendimento biomecânico do transplante meniscal lateral e potenciais benefícios ao exercer as funções do menisco lateral citadas acima, apresentados neste estudo, podem contribuir para a literatura atual e auxiliar o cirurgião na tomada de decisão no tratamento de pacientes meniscectomizados e sintomáticos. Além disso, foram investigados os dois principais tipos de técnica de fixação do transplante meniscal lateral e comparados entre si, uma vez que ainda não há consenso quanto a superioridade de uma técnica em relação a outra. Os resultados do presente estudo sugerem que não há diferença biomecânica entre as técnicas, que portanto podem ser indicadas de acordo com a preferência do cirurgião. Por fim, o sistema de testes robóticos utilizado neste estudo, desenvolvido especialmente para estudos biomecânicos, apresenta características únicas em relação aos demais sistemas de testes biomecânicos utilizados atualmente, como a aplicação combinada de cargas compressivas e cargas de translação e rotação continuamente durante a flexão do joelho. Tal característica singular permite a avaliação da cinemática de forma dinâmica ao invés de estática, como no caso de outros sistemas de testes biomecânicos. Assim, o sistema de testes robóticos utilizado neste estudo permite uma avaliação biomecânica mais próxima das situações as quais os joelhos são submetidos *in vivo* durante atividades diárias de vida.

7. CONCLUSÃO

1. O transplante meniscal lateral reduz a translação medial da tíbia que aumenta após a meniscectomia total lateral, em resposta às cargas anteriores;
2. As forças resultantes no aloenxerto meniscal são 50-60% das forças do menisco lateral intacto;
3. Na maioria das condições de teste, não foram observadas alterações significativas na força *in-situ* no LCA;
4. Ambas as técnicas de transplante meniscal lateral funcionam de forma semelhante em resposta às condições de carga aplicadas.

8. REFERÊNCIAS

8. REFERÊNCIAS

- Abat F, Gelber PE, Erquicia JI, Tey M, Gonzalez-Lucena G, Monllau JC. Prospective comparative study between two different fixation techniques in meniscal allograft transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(7):1516-22.
- Abat F, Gelber PE, Erquicia JI, Pelfort X, Gonzalez-Lucena G, Monllau JC. Suture-only fixation technique leads to a higher degree of extrusion than bony fixation in meniscal allograft transplantation. *Am J Sports Med.* 2012;40(7):1591-6.
- Ahn JH, Kang HW, Yang TY, Lee JY. Multivariate Analysis of Risk Factors of Graft Extrusion After Lateral Meniscus Allograft Transplantation. *Arthroscopy.* 2016;32(7):1337-45.
- Alentorn-Geli E, Seijas Vazquez R, Garcia Balletbo M, Alvarez Diaz P, Steinbacher G, Cusco Segarra X, et al. Arthroscopic meniscal allograft transplantation without bone plugs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):174-82.
- Alhalki MM, Howell SM, Hull ML. How three methods for fixing a medial meniscal autograft affect tibial contact mechanics. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):320-8.
- Allen CR, Wong EK, Livesay GA, Sakane M, Fu FH, Woo SL. Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *J Orthop Res.* 2000;18(1):109-15.

Arno S, Hadley S, Campbell KA, Bell CP, Hall M, Beltran LS, et al. The effect of arthroscopic partial medial meniscectomy on tibiofemoral stability. *Am J Sports Med.* 2013;41(1):73-9.

Atmaca H, Kesemenli CC, Memisoglu K, Ozkan A, Celik Y. Changes in the loading of tibial articular cartilage following medial meniscectomy: a finite element analysis study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(12):2667-73.

Bell KM, Arilla FV, Rahnemai-Azar AA, Fu FH, Musahl V, Debski RE. Novel technique for evaluation of knee function continuously through the range of flexion. *J Biomech.* 2015;48(13):3728-31.

Berthiaume MJ, Raynauld JP, Martel-Pelletier J, Labonte F, Beaudoin G, Bloch DA, et al. Meniscal tear and extrusion are strongly associated with progression of symptomatic knee osteoarthritis as assessed by quantitative magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis.* 2005;64(4):556-63.

Beveridge JE, Shrive NG, Frank CB. Meniscectomy causes significant in vivo kinematic changes and mechanically induced focal chondral lesions in a sheep model. *J Orthop Res.* 2011;29(9):1397-405.

Bin SI, Nha KW, Cheong JY, Shin YS. Midterm and Long-term Results of Medial Versus Lateral Meniscal Allograft Transplantation: A Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2017:363546517709777.

Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A Suppl 2:58-69.

-
- Chahla J, Olivetto J, Dean CS, Serra Cruz R, LaPrade RF. Lateral Meniscal Allograft Transplantation: The Bone Trough Technique. *Arthroscopy Techniques*. 2016;5(2):e371-e7.
- Chalmers PN, Karas V, Sherman SL, Cole BJ. Return to high-level sport after meniscal allograft transplantation. *Arthroscopy*. 2013;29(3):539-44.
- Chen MI, Branch TP, Hutton WC. Is it important to secure the horns during lateral meniscal transplantation? A cadaveric study. *Arthroscopy*. 1996;12(2):174-81.
- Choi NH, Choi JK, Yang BS, Lee DH, Victoroff BN. Lateral Meniscal Allograft Transplant via a Medial Approach Leads to Less Extrusion. *Am J Sports Med*. 2017;45(12):2791-6.
- Choi N-H, Kim B-Y, Lim S-M, Park J-H, Victoroff BN. The Accuracy of the Lateral Tibial Spine as a Landmark for Lateral Meniscal Allograft Transplantation. *Arthroscopy*. 2016;32(4):602-6.
- Choi NH, Yoo SY, Victoroff BN. Position of the bony bridge of lateral meniscal transplants can affect meniscal extrusion. *Am J Sports Med*. 2011;39(9):1955-9.
- Dienst M, Greis PE, Ellis BJ, Bachus KN, Burks RT. Effect of lateral meniscal allograft sizing on contact mechanics of the lateral tibial plateau: An experimental study in human cadaveric knee joints. *Am J Sports Med*. 2007;35(1):34-42.
- Fujie H, Sekito T, Orita A. A novel robotic system for joint biomechanical tests: application to the human knee joint. *J Biomech Eng*. 2004;126(1):54-61.

Fujie H, Livesay GA, Woo SL, Kashiwaguchi S, Blomstrom G. The use of a universal force-moment sensor to determine in-situ forces in ligaments: a new methodology. *J Biomech Eng.* 1995;117(1):1-7.

Getgood A, LaPrade RF, Verdonk P, Gersoff W, Cole B, Spalding T, et al. International Meniscus Reconstruction Experts Forum (IMREF) 2015 Consensus Statement on the Practice of Meniscal Allograft Transplantation. *Am J Sports Med.* 2016.

Gonzalez-Lucena G, Gelber PE, Pelfort X, Tey M, Monllau JC. Meniscal allograft transplantation without bone blocks: a 5- to 8-year follow-up of 33 patients. *Arthroscopy.* 2010;26(12):1633-40.

Grassi A, Bailey JR, Filardo G, Samuelsson K, Zaffagnini S, Amendola A. Return to Sport Activity After Meniscal Allograft Transplantation: At What Level and at What Cost? A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health.* 2019:1941738118819723.

Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J Biomech Eng.* 1983;105(2):136-44.

Guermazi A, Eckstein F, Hayashi D, Roemer FW, Wirth W, Yang T, et al. Baseline radiographic osteoarthritis and semi-quantitatively assessed meniscal damage and extrusion and cartilage damage on MRI is related to quantitatively defined cartilage thickness loss in knee osteoarthritis: the Multicenter Osteoarthritis Study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2015;23(12):2191-8.

Hommen JP, Applegate GR, Del Pizzo W. Meniscus Allograft Transplantation: Ten-Year Results of Cryopreserved Allografts. *Arthroscopy*. 2007;23(4):388-93.e3.

Hunt S, Kaplan K, Ishak C, Kummer FJ, Meislin R. Bone plug versus suture fixation of the posterior horn in medial meniscal allograft transplantation: A biomechanical study. *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2008;66(1):22-6.

Jauregui JJ, Wu ZD, Meredith S, Griffith C, Packer JD, Henn RF, 3rd. How Should We Secure Our Transplanted Meniscus? A Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2017:363546517720183.

Jiang D, Ao Y-F, Gong X, Wang Y-J, Zheng Z-Z, Yu J-K. Comparative study on immediate versus delayed meniscus allograft transplantation: 4- to 6-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2014;42(10):2329-37.

Kaleka CC, Netto AS, Silva JC, Toma MK, de Paula Leite Cury R, Severino NR, et al. Which Are the Most Reliable Methods of Predicting the Meniscal Size for Transplantation? *Am J Sports Med*. 2016;44(11):2876-83.

Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957;16(4):494-502.

Kim JH, Bin SI, Lee BS, Kim JM, Kim NK, Lee CR, et al. Nonanatomic Horn Position Increases Risk of Early Graft Failures After Lateral Meniscal Allograft Transplantation. *Am J Sports Med*. 2018;46(14):3407-14.

Kim JM, Bin SI, Lee BS, Kim NK, Song JH, Choi JW, et al. Long-term Survival Analysis of Meniscus Allograft Transplantation With Bone Fixation. *Arthroscopy*. 2017;33(2):387-93.

-
- Kim J-M, Lee B-S, Kim K-H, Kim K-A, Bin S-I. Results of meniscus allograft transplantation using bone fixation: 110 cases with objective evaluation. *Am J Sports Med.* 2012;40(5):1027-34.
- Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, Kobayashi Y, Udagawa E. Anatomy and pathophysiology of the popliteal tendon area in the lateral meniscus: 1. Arthroscopic and anatomical investigation. *Arthroscopy.* 1992;8(4):419-23.
- Koh YG, Kim YS, Kwon OR, Heo DB, Tak DH. Comparative Matched-Pair Analysis of Keyhole Bone-Plug Technique Versus Arthroscopic-Assisted Pullout Suture Technique for Lateral Meniscal Allograft Transplantation. *Arthroscopy.* 2018;34(6):1940-7.
- LaPrade RF, Wills NJ, Spiridonov SI, Perkinson S. A prospective outcomes study of meniscal allograft transplantation. *Am J Sports Med.* 2010;38(9):1804-12.
- LaPrade RF, Tso A, Wentorf FA. Force measurements on the fibular collateral ligament, popliteofibular ligament, and popliteus tendon to applied loads. *Am J Sports Med.* 2004;32(7):1695-701.
- Lee BS, Kim HJ, Lee CR, Bin SI, Lee DH, Kim NJ, et al. Clinical Outcomes of Meniscal Allograft Transplantation With or Without Other Procedures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2018;46(12):3047-56.
- Lee B-S, Bin S-I, Kim J-M, Kim W-K, Choi JW. Survivorship After Meniscal Allograft Transplantation According to Articular Cartilage Status. *Am J Sports Med.* 2017;45(5):1095-101.

Lee D-H, Kim J-M, Lee B-S, Kim K-A, Bin S-I. Greater axial trough obliquity increases the risk of graft extrusion in lateral meniscus allograft transplantation. *Am J Sports Med.* 2012;40(7):1597-605.

Lee DH, Lee BS, Kim JM, Yang KS, Cha EJ, Park JH, et al. Predictors of degenerative medial meniscus extrusion: radial component and knee osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2):222-9.

Liu JN, Gowd AK, Redondo ML, Christian DR, Cabarcas BC, Yanke AB, et al. Establishing Clinically Significant Outcomes After Meniscal Allograft Transplantation. *Orthop J Sports Med.* 2019;7(1):2325967118818462.

Livesay GA, Fujie H, Kashiwaguchi S, Morrow DA, Fu FH, Woo SL. Determination of the in-situ forces and force distribution within the human anterior cruciate ligament. *Ann Biomed Eng.* 1995;23(4):467-74.

Marcacci M, Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, Grassi A, Bonanzinga T, Nitri M, et al. Meniscal allograft transplantation without bone plugs: a 3-year minimum follow-up study. *Am J Sports Med.* 2012;40(2):395-403.

Masferrer-Pino A, Monllau JC, Ibanez M, Erquicia JI, Pelfort X, Gelber PE. Capsulodesis Versus Bone Trough Technique in Lateral Meniscal Allograft Transplantation: Graft Extrusion and Functional Results. *Arthroscopy.* 2018;34(6):1879-88.

McDermott ID, Lie DTT, Edwards A, Bull AMJ, Amis AA. The effects of lateral meniscal allograft transplantation techniques on tibio-femoral contact pressures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(6):553-60.

Menetrey J, Jones DG, Ernlund LS, Fu FH. Posterior peripheral sutures in meniscal allograft replacement. *Arthroscopy*. 1999;15(6):663-8.

Milachowski KA, Weismeier K, Wirth CJ. Homologous meniscus transplantation. Experimental and clinical results. *Int Orthop*. 1989;13(1):1-11.

Musahl V, Citak M, O'Loughlin P. F., Choi D, Bedi A, & Pearle A. D. . The effect of medial versus lateral meniscectomy on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med*. 2010;38(8):1591-7.

Novaretti JV, Patel NK, Lian J, Vaswani R, de Sa D, Getgood A, et al. Long-Term Survival Analysis and Outcomes of Meniscal Allograft Transplantation With Minimum 10-Year Follow-Up: A Systematic Review. *Arthroscopy*. 2019;35(2):659-67.

Noyes FR, Barber-Westin SD. Long-term Survivorship and Function of Meniscus Transplantation. *Am J Sports Med*. 2016;44(9):2330-8.

Noyes FR, Barber-Westin SD. Meniscal transplantation in symptomatic patients under fifty years of age survivorship analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(15):1209-19.

Paletta GA, Jr., Manning T, Snell E, Parker R, Bergfeld J. The effect of allograft meniscal replacement on intraarticular contact area and pressures in the human knee. A biomechanical study. *Am J Sports Med*. 1997;25(5):692-8.

Papageorgiou CD, Gil JE, Kanamori A, Fenwick JA, Woo SL, Fu FH. The biomechanical interdependence between the anterior cruciate ligament replacement graft and the medial meniscus. *Am J Sports Med*. 2001;29(2):226-31.

-
- Petrigliano FA, Musahl V, Suero EM, Citak M, Pearle AD. Effect of meniscal loss on knee stability after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19 Suppl 1:S86-93.
- Pollard ME, Kang Q, Berg EE. Radiographic sizing for meniscal transplantation. *Arthroscopy.* 1995;11(6):684-7.
- Robb C, Kempshall P, Getgood A, Standell H, Sprowson A, Thompson P, et al. Meniscal integrity predicts laxity of anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(12):3683-90.
- Rodeo SA, Seneviratne A, Suzuki K, Felker K, Wickiewicz TL, Warren RF. Histological analysis of human meniscal allografts - A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82A(8):1071-82.
- Rosso F, Bisicchia S, Bonasia DE, Amendola A. Meniscal allograft transplantation: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2015;43(4):998-1007.
- Seon JK, Gadikota HR, Kozanek M, Oh LS, Gill TJ, Li G. The effect of anterior cruciate ligament reconstruction on kinematics of the knee with combined anterior cruciate ligament injury and subtotal medial meniscectomy: an in vitro robotic investigation. *Arthroscopy.* 2009;25(2):123-30.
- Sekiya JK, West RV, Groff YJ, Irrgang JJ, Fu FH, Harner CD. Clinical Outcomes Following Isolated Lateral Meniscal Allograft Transplantation. *Arthroscopy.* 2006;22(7):771-80.
- Shirazi R, Shirazi-Adl A. Analysis of partial meniscectomy and ACL reconstruction in knee joint biomechanics under a combined loading. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2009;24(9):755-61.

-
- Shoemaker SC, Markolf KL. The role of the meniscus in the anterior-posterior stability of the loaded anterior cruciate-deficient knee. Effects of partial versus total excision. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(1):71-9.
- Spang JT, Dang ABC, Mazzocca A, Rincon L, Obopilwe E, Beynnon B, et al. The Effect of Medial Meniscectomy and Meniscal Allograft Transplantation on Knee and Anterior Cruciate Ligament Biomechanics. *Arthroscopy.* 2010;26(2):192-201.
- Vundelinckx B, Vanlauwe J, Bellemans J. Long-term Subjective, Clinical, and Radiographic Outcome Evaluation of Meniscal Allograft Transplantation in the Knee. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1592-9.
- Wang H, Gee AO, Hutchinson ID, Stoner K, Warren RF, Chen TO, et al. Bone Plug Versus Suture-Only Fixation of Meniscal Grafts: Effect on Joint Contact Mechanics During Simulated Gait. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1682-9.
- Watanabe Y, Scyoc AV, Tsuda E, Debski RE, Woo SL. Biomechanical function of the posterior horn of the medial meniscus: a human cadaveric study. *J Orthop Sci.* 2004;9(3):280-4.
- Woo SL, Orlando CA, Camp JF, Akeson WH. Effects of postmortem storage by freezing on ligament tensile behavior. *J Biomech.* 1986;19(5):399-404.
- Yoon JR, Kim TS, Lim HC, Lim HT, Yang JH. Is radiographic measurement of bony landmarks reliable for lateral meniscal sizing? *Am J Sports Med.* 2011;39(3):582-9.
- Zielinska B, Donahue TL. 3D finite element model of meniscectomy: changes in joint contact behavior. *J Biomech Eng.* 2006;128(1):115-23.

NORMAS ADOTADAS

NORMAS ADOTADAS

- Ferreira LM. Orientação Normativa para Elaboração e Apresentação de Teses. São Paulo: Ed RED Publicações; 2017. 118p.
- Terminologia anatômica internacional. Federative Committee on Anatomical Terminology. Tradução da comissão de terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole; 2001. 248p.
- Ledur PF. Guia prático da nova ortografia: as mudanças do Acordo Ortográfico. 7ed. Porto Alegre: AGE, 2009. 976p.

APÊNDICES

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Aprovação do Comitê de Ética da Universidade de Pittsburgh, EUA



University of Pittsburgh

*Committee for Oversight of Research and
Clinical Training Involving Decedents*

Office for Oversight of Anatomic
Specimens
Iroquois Building, Suite 302
3800 Meyran Avenue
Pittsburgh, PA 15261
412-802-8280; Fax: 412-647-1820
www.oocas.pitt.edu

MEMORANDUM

TO: Richard Debski, MD

FROM: Barbara E. Barnes, MD *Barbara Barnes*
CORID Chair

DATE: May 3, 2017

RE: CORID No. 501: *Biomechanical Analysis of the Soft Tissue Structures of the Knee Joint*

The Committee for Oversight of Research and Clinical Training Involving Decedents has reviewed and approved the Annual Renewal Report for the above-referenced study.

The next report will be due on or before the date indicated below. When your study has been completed, a Final Report will be required.

Approval Date: 05/03/2017
Renewal Date: 05/02/2018

Should you have any questions, please contact Shoshana Matusak, CORID Administrator, at 412-802-8280, or via email at matusaksa@upmc.edu.

Thank you.

c: Shoshana A. Matusak

APÊNDICE 2

Aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de São Paulo



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos do Transplante de Menisco Lateral na Estabilidade e Biomecânica do Joelho: Estudo Robótico Avaliando as Técnicas de Fixação Com e Sem Bloco Osseo

Pesquisador: João Victor Novaretti

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 97348918.2.0000.5505

Instituição Proponente: Departamento de Ortopedia e Traumatologia

Patrocinador Principal: Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior
University of Pittsburgh

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.036.383

Apresentação do Projeto:

Projeto CEP/UNIFESP n:1014/2018 (parecer final)

Introdução: Os efeitos da deficiência de menisco na cinemática do joelho e nas pressões de contato são bem descritos. Se o transplante lateral de aloenxerto meniscal (MAT) pode melhorar a estabilidade do joelho e a função de carga do menisco em uma condição meniscectomizada é crítico para o sucesso cirúrgico.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO: O objetivo deste estudo é comparar os efeitos de duas técnicas de fixação lateral MAT - bloqueio osseo e apenas sutura na estabilidade translacional e rotatória do joelho, forças resultantes no aloenxerto meniscal e força in situ no ligamento cruzado anterior (LCA).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

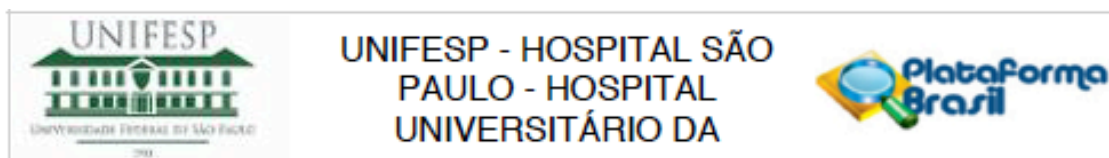
RISCOS: Não há - estudo em cadáver

BENEFÍCIOS: Melhor compreensão das funções do transplante meniscal para estabilidade do joelho e distribuição de forças entre as estruturas a serem estudadas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de projeto de doutorado de João Victor Novaretti. Orientador: Prof. Dr. MOISES COHEN. Projeto vinculado ao Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Campus São Paulo, Escola

Endereço: Rua Francisco de Castro, 55
Bairro: VILA CLEMENTINO **CEP:** 04.020-050
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)5571-1062 **Fax:** (11)5539-7162 **E-mail:** cep@unifesp.edu.br



Continuação do Parecer: 3.036.383

Paulista de Medicina, UNIFESP.

TIPO DE ESTUDO: Estudo biomecânico em cadáver

LOCAL: Universidade de Pittsburgh

PROCEDIMENTOS:

Serão utilizados dez joelhos de cadáveres frescos congelados neste estudo. Os espécimes serão armazenados a -20°C e descongelados à temperatura ambiente por 24 horas antes do teste. Cada espécime será cuidadosamente examinado manualmente, radiograficamente e artroscopicamente antes do teste para excluir espécimes com (1) deformidades ósseas, (2) lesões ligamentares, (3) lesões meniscais, (4) osteoartrose maior que grau 2, conforme determinado pela classificação de Kellgren-Lawrence ou (5) lesões condrais maiores que grau 2, de acordo com o sistema de classificação da International Cartilage Repair Society. O fêmur e a tibia serão cortados a 20 cm da linha articular e a fíbula será fixada à tibia por meio de um parafuso bicortical para manter sua posição anatômica. O fêmur e a tibia serão envasados em um composto epóxi (Bondo; 3M) e fixados em braçadeiras de alumínio feitas sob medida. O joelho será montado em um sistema de testes robóticos (modelo MJT FRS2010) que consiste em um manipulador de 6 graus de liberdade (6-DOF). O fêmur será fixado rigidamente à placa inferior do sistema de teste robótico e a tibia será fixada rigidamente à placa da extremidade superior do manipulador robótico através de um sensor universal de força / momento (UFS; Delta IP60 [SI-660-60]; ATI Automação Industrial), que é utilizado para fornecer feedback ao controlador. O sistema é controlado por um programa LabVIEW projetado para testes biomecânicos de articulação do joelho e utiliza controle de impedância de velocidade híbrida. O joelho intacto será fletido da extensão total até 90° de flexão do joelho para determinar o trajeto de 6-DOF da flexão-extensão passiva. As posições que satisfizerem a condição dos alvos de zero-força e zero-momento serão determinadas como o caminho da flexão-extensão passiva. Três condições de carga serão aplicadas enquanto os joelhos serão flexionados continuamente de extensão total até 90° de flexão do joelho: (1) 134-N de carga tibial anterior + 200-N de compressão axial, (2) 5-Nm de torque tibial interno + 5-Nm de torque em valgo e (3) 5-Nm de torque tibial externo + 5-Nm de torque em valgo. Após registrar a cinemática do joelho em resposta ao carregamento do joelho intacto, será realizada meniscectomia lateral total por artroscopia. Uma incisão parapatelar lateral de 2 cm e artrotomia serão criadas para remover completamente o menisco lateral. A cápsula articular e a incisão da pele serão então fechadas de maneira padrão. Neste momento, após o registro dos dados cinemáticos, as posições prévias do joelho serão repetidas, a fim de quantificar as forças

Endereço: Rua Francisco de Castro, 55

Bairro: VILA CLEMENTINO

CEP: 04.020-050

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)5571-1062

Fax: (11)5539-7162

E-mail: cep@unifesp.edu.br



Continuação do Parecer: 3.036.383

resultantes no menisco lateral (ou seja, as forças que o menisco carrega em resposta a uma carga aplicada ao joelho) usando o princípio de superposição. Em seguida, será realizado o transplante de menisco lateral com a técnica de fixação com bloco ósseo. Após testar a técnica com bloco ósseo, as inserções do aloenxerto meniscal no bloco ósseo serão dissecadas e assim a técnica de fixação do aloenxerto sem bloco ósseo será realizada, fixando-se as raízes dos cornos anteriores e posteriores do aloenxerto meniscal com suturas previamente colocadas em cada cornu meniscal, que serão passadas através de túneis pela tibia e amarradas entre si na região anteromedial da tibia. Após a aquisição dos dados cinemáticos para o último estado do joelho, o aloenxerto meniscal será removido e as posições anteriores do joelho serão repetidas, a fim de se quantificar as forças resultantes no aloenxerto meniscal nas técnicas com e sem bloco ósseo. Por fim, a força in situ no LCA também será quantificada usando novamente o princípio da superposição. Os dados cinemáticos de 6-DOF serão registrados para todos os quatro estados do joelho (intacto, meniscectomia lateral total, transplante meniscal com fixação com bloco ósseo e transplante meniscal com fixação sem bloco ósseo).

(mais informações, ver projeto detalhado).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- 1- Foram apresentados os principais documentos: folha de rosto; projeto completo; cópia do cadastro CEP/UNIFESP, orçamento financeiro e cronograma apresentados adequadamente.
- 2- Propõe dispensa do TCLE. Justificativa: Estudo biomecânico em cadáver

Recomendações:

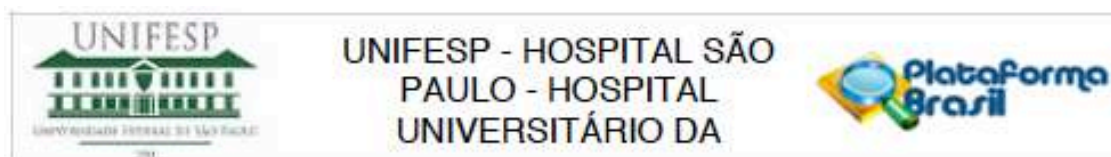
sem recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trata-se de resposta a pendências apontadas no parecer n: 2.908.299, de 20 de Setembro de 2018 e parecer n: 3.010.045, de 08 de Novembro de 2018. Todas as pendências foram atendidas.

- 1-Favor reenviar o projeto detalhado e o formulário de submissão da Plataforma Brasil em português. Por determinação do sistema CEP/CONEP o projeto deve ser submetido na língua portuguesa.

Endereço: Rua Francisco de Castro, 55
 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.020-050
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5571-1062 Fax: (11)5539-7162 E-mail: cep@unifesp.edu.br



Continuação do Parecer: 3.036.383

RESPOSTA: Projeto detalhado e formulário de submissão da Plataforma Brasil alterados para língua portuguesa.

PENDÊNCIA ATENDIDA

2-Solicitamos que seja informado qual é a origem dos joelhos de cadáveres frescos e será necessário enviar documentação pertinente.

RESPOSTA: A origem dos joelhos de cadáveres fresco é de uma empresa americana (Research for Life) que administra doações para uso em pesquisa. Segue em anexo informe sobre solicitação de joelhos pelo laboratório de Pittsburgh para esta empresa com detalhes da mesma.

PENDÊNCIA ATENDIDA

3-De que forma será a participação da University of Pittsburgh? Será necessário enviar documentação pertinente. Favor justificar a situação da pesquisa como sendo: Pesquisas com coordenação e/ou patrocínio originados fora do Brasil, excetuadas aquelas com copatrocínio do Governo Brasileiro;

RESPOSTA: A participação da Universidade de Pittsburgh se dá pelo estudo ser realizado em um de seus laboratórios (Orthopaedics Robotic Lab), em parceria com o programa de pós-graduação em cirurgia translacional da Escola Paulista de Medicina da UNIFESP pelo participação de um aluno matriculado neste programa. Por se tratar de projeto de doutorado agraciado com bolsa do Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior (PDSE) da CAPES - 88881.135480/2016-01, a situação da pesquisa foi colocada como a citada: "Pesquisas com coordenação e/ou patrocínio originados fora do Brasil, excetuadas aquelas com copatrocínio do Governo Brasileiro". ANÁLISE CEP/UNIFESP: após os esclarecimentos e análise dos documentos enviados (CAPES, Comitê_de_Etica_Pittsburgh, Pittsburgh_Invitation.pdf) conclui-se que trata-se de uma pesquisa de doutorado, realizada na Universidade de Pittsburgh. O projeto poderá ser aprovado, mas será necessário antes, alterar a classificação: a situação do presente projeto (Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior - PDSE), não se caracteriza como sendo de Área Temática Especial "Pesquisas com coordenação e/ou patrocínio originados fora do Brasil, excetuadas aquelas com copatrocínio do Governo Brasileiro". Ou seja, não precisa ser encaminhado para a CONEP. Por favor, alterar a classificação (retirar da Área Temática Especial).

PENDÊNCIA PARCIALMENTE ATENDIDA

RESPOSTA2: a classificação foi alterada:

PENDÊNCIA ATENDIDA

Endereço: Rua Francisco de Castro, 55
 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.020-050
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5571-1062 Fax: (11)5539-7162 E-mail: cep@unifesp.edu.br



Continuação do Parecer: 3.036.983

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP informa que a partir desta data de aprovação, é necessário o envio de relatórios parciais (semestralmente), e o relatório final, quando do término do estudo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1123756.pdf	12/11/2018 10:34:45		Aceito
Outros	CEP_RespostasNOVO.docx	12/11/2018 10:34:21	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	Pittsburgh_Invitation.pdf	01/10/2018 10:06:10	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	PDSE.pdf	01/10/2018 10:05:48	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	Comite_de_Etica_Pittsburgh_2.pdf	01/10/2018 09:55:28	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	Comite_de_Etica_Pittsburgh_1.pdf	01/10/2018 09:55:15	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	Origem_Joelhos_Cadaver_EUA.pdf	01/10/2018 09:54:42	João Victor Novaretti	Aceito
Outros	CEP_Respostas.docx	01/10/2018 09:48:25	João Victor Novaretti	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado.docx	01/10/2018 09:45:40	João Victor Novaretti	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	CEP_UNIFESP.jpeg	27/08/2018 13:47:59	João Victor Novaretti	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Assinada.pdf	23/05/2018 19:25:30	João Victor Novaretti	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Francisco de Castro, 55
 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.020-050
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5571-1062 Fax: (11)5539-7162 E-mail: cep@unifesp.edu.br

ANEXOS

ANEXOS

Nessa sessão, serão apresentados artigo publicado e prêmios relacionados à linha de pesquisa.

ANEXO 1

Artigo publicado na revista *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* em 2019

Systematic Review

Long-Term Survival Analysis and Outcomes of Meniscal Allograft Transplantation With Minimum 10-Year Follow-Up: A Systematic Review



João V. Novaretti, M.D., Neel K. Patel, M.D., Jayson Lian, B.A., Ravi Vaswani, M.D., Darren de SA, M.D., F.R.C.S.C., Alan Getgood, M.Phil., M.D., F.R.C.S.(Tr.&Orth.), Dip.S.E.M., and Volker Musahl, M.D.

Purpose: To investigate the long-term survivorship rates and functional outcomes of meniscal allograft transplantation (MAT) in patients with minimum 10-year postoperative follow-up. **Methods:** Two reviewers independently searched EMBASE, MEDLINE, and PubMed from database inception for literature related to MAT according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) checklist. Data are reported in a narrative summary fashion with descriptive statistics. **Results:** Eleven studies with a total of 658 patients and 688 MATs were included. Mean age of patients was 33.1 years (range 14-66), of whom 63% were male. Mean survivorship rates were 73.5% at 10-year and 60.3% at 15-year follow-up, with 2 studies reporting 19- and 24-year survivorship of 50% and 15.1%, respectively. Pre- and postoperative Lysholm scores ranged from 36 to 60.5 and 61 to 75, respectively. Pre- and postoperative Tegner scores ranged from 1 to 3 and 2.5 to 4.6, respectively. Postoperative Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score subset scores were as follows: Pain: 61.6 to 76.3; Symptoms: 57.9 to 61.8; Function in Daily Living: 68.5 to 79.9; Sport and Recreation: 33.9 to 49.3; Quality of Life: 37.3 to 45.9. Postoperative International Knee Documentation Committee scores ranged from 46 to 77. Regarding surgical technique, 194 MAT bone-fixation technique (53.8%) and 165 MAT suture-only fixation techniques (46.2%) were reported. The most common type of allograft used was cryopreserved (54.5% of the allografts). The most frequent concomitant procedures performed with MAT were to address chondral (20.8% of the cases) and ligament injuries (12.4% of the cases), and realignment procedures (9.4% of the cases). The most common complications observed that were not directly related to concomitant procedures were meniscal allograft partial tears (11.1%), arthrofibrosis (3.6%), and infection (2.0%). Several criteria were used among studies to define failure of MAT, the most common parameters being removal of meniscal allograft (8/11 studies) and conversion to total knee arthroplasty (7/11 studies). **Conclusions:** MAT can yield good long-term survivorship rates, with 73.5% and 60.3% of allografts remaining functional after 10 and 15 years, respectively. Functional outcomes 10 years after MAT were fair and improved compared with preoperative scores. **Level of Evidence:** Level IV, systematic review of Level III and IV studies.

See commentary on page 668

Today, more than 30 years after the first meniscal transplantation was performed by Milachowski et al.¹ in 1984, favorable clinical outcomes have been

reported for short-, mid-, and long-term follow-up studies.²⁻⁶ Short- and midterm follow-up survivorship rates have been reported of 95% and 89%,

From the Department of Orthopaedic Surgery (J.V.N., N.K.P., J.L., R.V., D.S., V.M.), University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A.; Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE) (J.V.N.), Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil; Albert Einstein College of Medicine (J.L.), Bronx, New York, U.S.A.; and Fowler Kennedy Sport Medicine Clinic (A.G.), University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.

The authors report the following potential conflicts of interest or sources of funding: A.G. reports support from Smith and Nephew, Collagen Solutions, Ossur, ConMed, Smith & Nephew, Arthroex, DePuy Synthes, Eupraxia, Ossur, and Merck Serono, outside the submitted work. V.M. reports support from

Smith & Nephew, outside the submitted work. Full ICMJE author disclosure forms are available for this article online, as supplementary material.

The investigation was performed at the University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A.

Received April 17, 2018; accepted August 8, 2018.

Address correspondence to Volker Musahl, M.D., 3200 S. Water St., Pittsburgh, PA 15203, U.S.A. E-mail: musahlv@upmc.edu

© 2019 by the Arthroscopy Association of North America
0749-8063/18478/\$36.00

<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.08.031>

ANEXO 2

Prêmio de Melhor Estudo Clínico no Congresso Brasileiro de Ortopedia e Traumatologia de 2018



ANEXO 3

Prêmio de Melhor Estudo Experimental no Congresso Brasileiro de Ortopedia e Traumatologia de 2018



Nessa sessão, serão apresentados artigos publicados durante o período de matrícula no programa de pós-graduação.

ANEXO 4

Artigo publicado na revista *The American Journal of Sports Medicine* em 2018

Higher Gene Expression of Healing Factors in Anterior Cruciate Ligament Remnant in Acute Anterior Cruciate Ligament Tear

João Victor Novaretti,^{††} MD, Diego Costa Astur,[†] MD, PhD, Davi Casadio,[†] MD, Alexandre Pedro Nicolini,[†] MD, Alberto de Castro Pochini,[†] MD, PhD, Carlos Vicente Andreoli,[†] MD, PhD, Benno Ejnisman,[†] MD, PhD, and Moises Cohen,[†] MD, PhD
Investigation performed at Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Background: Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with remnant preservation has been described and related to potential advantages. Literature is lacking regarding gene expression of potential factors related to ligament healing in the ACL remnant and its relation to time from injury.

Hypothesis: The mRNA expression of ligament healing factors in the ACL remnant would be higher in acute tears (<3 months from injury) than in intermediate (3-12 months) and chronic (>12 months) injuries.

Study Design: Controlled laboratory study.

Methods: Gene expression of 21 genes related to ligament healing factors was analyzed in 46 ACL remnants biopsied during surgical reconstruction with quantitative real-time polymerase chain reaction technique. Specimens were divided into 3 groups according to time from injury: acute (<3 months from injury; n = 19), intermediate (3-12 months; n = 12), and chronic (>12 months; n = 15). Histological and immunohistochemical evaluation was performed by analysis of hematoxylin and eosin, CD-34, and S-100 staining.

Results: Expression of *COL1A1*, *COL1A2*, *COL3A1*, *COL5A1*, *COL5A2*, *COL12A1*, *LOX*, *PLOD1*, and *TNC* genes in ACL remnant was greater in acute compared with chronic injuries. *COL1A1*, *COL5A1*, *COL12A1*, and *TNC* genes were also expressed more in the acute group compared with the intermediate group. Furthermore, expression of the genes *COL1A1* and *COL5A2* was significantly higher in female than in male patients. No difference in the number of blood vessels and mechanoreceptors among groups was observed in the microscopic evaluation.

Conclusion: The present study demonstrates that expression of *COL1A1*, *COL1A2*, *COL3A1*, *COL5A1*, *COL5A2*, *COL12A1*, *LOX*, *PLOD1*, and *TNC* genes in ACL remnant is greater in acute (<3 months from injury) compared with chronic (>12 months) injuries. Furthermore, *COL1A1*, *COL5A1*, *COL12A1*, and *TNC* genes were expressed more in the acute group compared with the intermediate group (3-12 months from injury).

Clinical Relevance: ACL reconstructions with remnant preservation should be performed in patients with acute injuries, as in these cases the ACL remnant may present the greatest healing potential.

Keywords: anterior cruciate ligament; gene expression; time from injury; remnant tissue

^{††}Address correspondence to João Victor Novaretti, MD, Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, Rua Estado de Israel, 638, São Paulo, SP 04022-001, Brazil (email: jnovaretti@gmail.com).

[†]Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil.

One or more of the authors has declared the following potential conflict of interest or source of funding: Support from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) is gratefully acknowledged.

Despite being one of the most studied subjects in orthopaedics, the treatment of anterior cruciate ligament (ACL) injury is still far from being resolved. The cumulative rate of general graft failure in the postoperative period remains high.⁷ Several factors related to ACL reconstruction have been studied to improve the treatment of this ligament injury and to reduce the rate of graft failure postoperatively. Recently, the ACL remnant has been increasingly studied. Different techniques of ACL reconstruction with remnant preservation have been published.^{1-3,24,35} Controversy remains regarding these techniques; some studies have shown favorable clinical

ANEXO 5

Artigo publicado na revista *The American Journal of Sports Medicine*
em 2018

Bone Bruise Patterns in Skeletally Immature Patients With Anterior Cruciate Ligament Injury

Shock-Absorbing Function of the Physis

João V. Novaretti,^{*†} MD, Jason J. Shin,^{*} MD, Marcio Albers,^{*} MD,
Monique C. Chambers,^{*} MD, MSL, Moises Cohen,[†] MD, PhD,
Volker Musahl,^{*} MD, and Freddie H. Fu,^{*‡} MD

Investigation performed at the Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Background: Bone bruises are frequently found on magnetic resonance imaging (MRI) after anterior cruciate ligament (ACL) injury and have been related to the force associated with the trauma. Yet, little is known about the bone bruise distribution pattern of skeletally immature (SI) patients, as the presence of an open physis may play a role in energy dissipation given its unique structure.

Purpose: To describe and compare the location and distribution of tibial and femoral bone bruises, observed on MRI, between 2 groups of ACL-injured knees: the first group with an open physis and the second with a closed physis. Additionally, based on the bone bruise distribution pattern, the secondary aim of the study was to propose a new classification of bone bruise in SI patients.

Study Design: Cross-sectional study; Level of evidence, 3.

Methods: A retrospective review was conducted to identify all cases of primary ACL tears in patients <16 years old, with MRI within 6 weeks of injury between January 2012 and December 2016. Overall, 106 patients were identified: 53 with open physis (skeletally immature [SI] group) and 53 with closed physis as control (skeletally mature [SM] group). MRI scans were reviewed to assess for the presence and location of bone bruises. Longitudinal bone bruise distribution was described as epiphyseal and metaphyseal in both femur and tibia. The proposed classification for tibia and femur has 2 parts: the location of the bone bruise in the (I) lateral, (II) medial, or (III) medial and lateral parts of the bone; and if the bone bruise (a) does not or (b) does cross the physis. For the tibia, if the bone bruise is also present in the central portion, a letter C is added.

Results: The SI group had significantly fewer bone bruises cross the physis and extend into the metaphysis than did the SM group for both the tibia (25% vs 85%, respectively; $P < .0001$) and the femur (4% vs 42%; $P < .0001$). The most common patterns observed in the SI group were type IIICa in the tibia (medial/lateral and central, not extending into the metaphysis: 42%) and type Ia in the femur (lateral, not extending into the metaphysis: 59%).

Conclusion: The data from this study shows that patients with an open physis at the occurrence of an acute ACL rupture have unique bone bruise patterns as compared with those with a closed physis. In the SI patients, the bone bruise pattern is significantly less frequently observed in the tibial and femoral metaphysis.

Keywords: anterior cruciate ligament (ACL); bone bruise; skeletally immature; magnetic resonance imaging (MRI)

Bone bruises are frequent findings on magnetic resonance imaging (MRI) after an acute anterior cruciate ligament (ACL) injury.^{4,5,14,17,22,26} Owing to the physical impact between the femoral and tibial articular surfaces during injury, bone contusions are often seen on MRI and have

been associated with osseous edema and/or trabecular microfracture.^{4,9,15,22,29,30} Previous studies have correlated the bone bruise location and volume to the mechanism of injury^{1,13,18,19} and concomitant knee injuries,¹⁰ respectively. Furthermore, the degree of bone bruising has been associated with the amount of energy involved at the time of injury^{10,11,27} and with cartilage damage adjacent to the initial subchondral lesion at early^{7,24,25} and intermediate⁵ follow-up. Meanwhile, sex-specific injury mechanisms and differences in bone bruise patterns have yet to be clearly established in the literature.^{6,16,28}

The American Journal of Sports Medicine
2018;46(9):2128–2132
DOI: 10.1177/0363546518777247
© 2018 The Author(s)

ANEXO 6

Artigo publicado na revista *The American Journal of Sports Medicine*
em 2018

Static Lateral Tibial Plateau Subluxation Predicts High-Grade Rotatory Knee Laxity in Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knees

Jayson Lian,^{*†} BA, João V. Novaretti,^{**‡} MD, Andrew J. Sheehan,^{*} MD, Neel K. Patel,^{*} MD, Sean Whaley,^{*} MA, Adam Popchak,^{*} DPT, PhD, SCS, and Volker Musahl,^{**§} MD
Investigation performed at University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Background: In anterior cruciate ligament-deficient (ACL-D) knees, injury pattern and bony morphologic features have been shown to influence both static anterior tibial subluxation relative to the femur and dynamic rotatory knee laxity. Therefore, the relationship between static anterior tibial subluxation and dynamic rotatory knee laxity was investigated.

Purpose: To determine whether static tibial subluxation as measured on magnetic resonance imaging (MRI) is associated with the grade of rotatory knee laxity in ACL-D knees.

Study Design: Cross-sectional study; Level of evidence, 3.

Methods: Two-hundred fifty-eight knees underwent preoperative, image-guided assessment of lateral knee compartment translation during quantitative pivot shift (QPS). Subluxations of the medial and lateral tibial plateaus were measured on preoperative MRI in a subset of primary ACL-D knees meeting criteria for high-grade (QPS > 5.2 mm) and low-grade (QPS < 2.4 mm) rotatory laxity. Tibial subluxations on MRI were compared between patients with high- and low-grade rotatory laxity through use of pairwise *t* test and were analyzed via univariate and multivariate logistic regression. Significance was set at $P < .05$.

Results: On MRI, greater anterior subluxation of the lateral tibial plateau was observed in patients with high-grade compared with low-grade rotatory knee laxity (4.5 mm vs 2.3 mm; $P < .05$). No similar relationship was observed for the medial tibial plateau (-0.9 mm vs -0.4 mm; $P > .05$). Univariate logistic regression demonstrated that static subluxation of the lateral tibial plateau was associated with high-grade rotatory knee laxity (odds ratio [OR], 1.2; $P < .05$). An optimal cutoff of 2.95 mm of static lateral tibial subluxation was associated with high-grade rotatory knee laxity (sensitivity, 75%; specificity, 63%). Lateral meniscal injury was the first variable entered into a multivariate regression analysis and proved to be most associated with high-grade rotatory knee laxity (OR, 6.8; $P < .05$). When lateral meniscal injury was excluded from multivariate regression analysis, static anterior subluxation of the lateral tibial plateau alone was associated with high-grade rotatory knee laxity (OR, 1.2; $P < .05$).

Conclusion: Data from this MRI study of two distinct rotatory knee laxity groups showed that static anterior subluxation of the lateral tibial plateau of 2.95 mm or greater was associated with high-grade rotatory knee laxity, and each millimeter increase of lateral tibial plateau subluxation was associated with a 1.2-fold odds of high-grade rotatory knee laxity. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau on MRI was not independently associated with high-grade rotatory knee laxity in the presence of concomitant lateral meniscal injury. Static measurements made preoperatively may aid in predicting high-grade rotatory knee laxity and refining the indications for individualized knee surgery.

Keywords: anterior cruciate ligament; pivot shift; rotatory knee laxity; tibial subluxation

Advances in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction continue to be driven by an improved understanding of anatomy and biomechanics, both of which demonstrate patient-specific variation and contribute to distinct ACL injury patterns.^{4,9,11,18,39} Given that suboptimal clinical outcomes have been associated with residual rotatory knee laxity after

ACL reconstruction (ACLR),^{6,18} better diagnostic tools are needed to more accurately characterize the magnitude of laxity so that treatment can be tailored accordingly.^{5,17,28} In the past decade, numerous measurement devices have been developed to quantify the pivot-shift examination,^{1,3,7,13,14,19,27} but differences in accessibility, cost, and convenience have led to discordance in preferred measurement techniques. In this study, video capture using validated, custom software on an iPad tablet (Apple, Inc) was used on the ACL-deficient (ACL-D) knee to quantify lateral knee compartment translation during pivot-shift examination.^{25,27}

The American Journal of Sports Medicine
1-8
DOI: 10.1177/0363546518812435
© 2018 The Author(s)

ANEXO 7

Artigo publicado na revista *Journal of Knee Surgery* em 2019

Original Article

Higher Axial Tibiofemoral Rotation and Functional Outcomes with Mobile-Bearing Compared with Fixed-Bearing Total Knee Arthroplasty at 1- but Not at 2-Year Follow-Up – A Randomized Clinical Trial

Joicemar Tarouco Amaro, MD, PhD¹ João Victor Novaretti, MD² Diego Costa Astur, MD, PhD²
 Elton Luiz Batista Cavalcante, MD¹ Adilson Góes Rodrigues Junior, MD¹ Pedro Debieux, MD³
 Camila Cohen Kaleka, MD¹ Moisés Cohen, MD, PhD²

¹Cohen Institute, São Paulo, Brazil

²Department of Orthopaedics and Traumatology, Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil

³Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, Brazil Hospital Albert Einstein, São Paulo, Brazil

Address for correspondence João Victor Novaretti, MD, Department of Orthopaedics and Traumatology, Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, Rua Napoleão de Barros, 715 - 1st floor, São Paulo, São Paulo, Brazil (e-mail: jvnovaretti@gmail.com).

J Knee Surg

Abstract

The objective of this study was to determine in vivo knee kinematics and clinical outcomes of patients who underwent fixed- and mobile-bearing total knee arthroplasty (TKA) at 1- and 2-year follow-up. This prospective double-blinded randomized controlled trial was performed from November 2011 to December 2012. A total of 64 patients were randomized to fixed- and mobile-bearing TKA groups (32 patients in each group). All patients were evaluated with the following: three-dimensional in vivo knee kinematics analysis during gait, stepping up and stepping down stair steps, and getting up from and sitting on a chair; and knee range of motion and patient-reported outcome measures (Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale [KOS-ADLS] and pain visual analog scale [VAS]) at 1- and 2-year follow-up. Descriptive statistics (means, standard deviations, and percentages) were calculated for all variables. The Kolmogorov–Smirnov test was used to test if variables were normally distributed. A Student's *t*-test was used to compare continuous variables between patients in the two groups. The chi-square test was used to compare the groups with respect to categorical variables. The α level for statistical significance was set at $p < 0.05$. The mean axial tibiofemoral rotation in patients who underwent mobile-bearing TKA was significantly higher during gait (13.3 vs. 10.7), stepping up (12.8 vs. 10) stair steps, and getting up (16.1 vs. 12.1) from a chair compared with fixed-bearing TKA patients at 1-year follow-up ($p < 0.05$). KOS-ADLS function score was significantly higher in the mobile-bearing compared with the fixed-bearing TKA group (32 vs. 27.7) at 1-year follow-up ($p < 0.05$). No significant difference in kinematics and clinical outcomes between

Keywords

- ▶ knee
- ▶ arthroplasty
- ▶ fixed-bearing prosthesis
- ▶ mobile-bearing prosthesis
- ▶ in vivo kinematics

 Dr. Novaretti's ORCID is <http://orcid.org/0000-0002-8168-3469>.

received
 August 27, 2018
 accepted after revision
 December 27, 2018

Copyright © by Thieme Medical
 Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue,
 New York, NY 10001, USA.
 Tel: +1(212) 584-4662.

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0039-1678675>.
 ISSN 1538-8506.

ANEXO 8

Artigo publicado na revista *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* em 2018

Current Reviews in Musculoskeletal Medicine
<https://doi.org/10.1007/s12178-018-9488-x>

PCL UPDATE (K JONES AND M ALAIA, SECTION EDITORS)



The Role of Osteotomy for the Treatment of PCL Injuries

João V. Novaretti^{1,2} · Andrew J. Sheehan¹ · Jayson Lian^{1,3} · Joseph De Groot¹ · Volker Musahl¹

© Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2018

Abstract

Purpose of Review The purposes of this review are to (1) describe the anatomic and biomechanical rationale for high tibial osteotomy (HTO) in the setting of posterior cruciate ligament (PCL) deficiency, (2) review the indications for concomitant HTO and PCL reconstruction, (3) provide guidance for the clinical assessment of the patient with suspected PCL deficiency, and (4) summarize the key surgical steps necessary to attain the appropriate sagittal and coronal plane corrections.

Recent Findings The preponderance of available biomechanical data pertaining to the PCL-deficient knee suggests that an increased proximal tibial slope limits posterior tibial translation under axial compressive loads. Moreover, recent clinical data has demonstrated that decreased proximal tibial slope may exacerbate residual anterior-posterior laxity and jeopardize the durability of PCL reconstruction. Thus, in the setting of PCL deficiency, an HTO that increases the posterior tibial slope may be advisable.

Summary HTO may be an important treatment adjunct in the surgical management of PCL deficiency. In the setting of chronic injuries and varus malalignment, HTO should be considered in order to ensure a durable ligamentous reconstruction and forestall the progression of secondary osteoarthritis.

Keywords Posterior cruciate ligament (PCL) · High tibial osteotomy (HTO) · Tibial slope · Posterior tibial translation · Varus malalignment

Introduction

The posterior cruciate ligament (PCL) is a primary restraint to posterior tibial translation [1–7] and a secondary stabilizer to rotation, especially in higher flexion angles [8–10]. PCL injuries most commonly occur during sport activity or trauma, usually related to motor vehicles [11–13]. Moreover, males are the predominant patient population sustaining PCL injuries, with rates up to 75–93% being reported [11, 12, 14]. Isolated injuries of the PCL are relatively uncommon and have

historically been managed non-operatively with bracing and rehabilitation [15–18]. Conversely, PCL injuries occurring in conjunction with anterior cruciate ligament (ACL), medial collateral ligament (MCL), and/or posterolateral corner (PLC) injuries are commonly managed surgically as part of a multiligamentous reconstruction approach [11, 19–22]. However, in spite of the evolution anatomic PCL reconstruction (PCLR), residual anterior-posterior laxity has been observed in 33–56% of patients [23–31]. Although these results are assuredly multifactorial, an emerging body of biomechanical and clinical data suggests that the sagittal and coronal plane anatomy of the proximal tibia may play a key role in the success (or failure) of reconstructive procedures [32, 33, 34].

The role for high tibial osteotomy (HTO) in the management of coronal plane malalignment typically observed with chronic PLC/PCL injuries is well described [35–37]. Conversely, comparatively less has been written about the utility of HTO in addressing the sagittal plane anatomy of the proximal tibia. In fact, the reciprocal effect of increased tibial slope on diminishing the magnitude of posterior tibial translation under axial compressive loads may be of special relevance

This article is part of the Topical Collection on *PCL Update*

✉ Volker Musahl
 musahlv@upmc.edu

¹ Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh, 3471 Fifth Avenue, Pittsburgh, PA 15213, USA

² Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CETE), Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil

³ Albert Einstein College of Medicine, Bronx, New York, New York, USA

ANEXO 9

Artigo publicado na revista *Sports Health* em 2018

Novaretti et al

May • Jun 2018



Quadriceps Strength Deficit at 6 Months After ACL Reconstruction Does Not Predict Return to Preinjury Sports Level

João Victor Novaretti, MD,* Carlos Eduardo Franciozi, MD, PhD, Andrea Forgas, PT, Sheila Jean McNeill Ingham, MD, PhD, and Rene Jorge Abdalla, MD, PhD

Background: There is a lack of literature-based objective criteria for return to sport after anterior cruciate ligament (ACL) injury. Establishing such objective criteria is crucial to improving return to sport after ACL reconstruction (ACLR).

Hypotheses: Patients who return to their preinjury level of sport will have higher isokinetic, postural stability, and drop vertical jump test scores 6 months after surgery and greater patient satisfaction compared with those who did not. Additionally, quadriceps strength deficit cutoff values of 80% and 90% would differentiate patients who returned to preinjury sports level from those who did not.

Study Design: Cohort study.

Level of Evidence: Level 3.

Methods: A retrospective search was conducted to identify all patients who underwent ACLR and completed isokinetic evaluation, postural stability analysis, and drop vertical jump testing at 6 months postoperatively. Patients were asked to complete 3 questionnaires at a minimum 1 year after surgery. Chi-square and logistic regression analyses were used for categorical dependent variables, while the Student *t* test, Pearson correlation, or analyses of variance with Bonferroni post hoc testing were used for continuous dependent variables. A post hoc power analysis was completed. Based on the results regarding correlations between return to preinjury level and all other variables, effect sizes from 0.24 to 3.03 were calculated. With these effect sizes, an alpha of 0.05 and sample size of 58, a power ranging from 0.15 to 0.94 was calculated.

Results: The rates of return to preinjury level and to any sports activity were 53.4% and 84.4%. Those who were able to return to their preinjury level of sport ($n = 33$) showed significantly higher Lysholm (91.6 ± 9.7 vs 76.7 ± 15.4) and International Knee Documentation Committee (IKDC) (83.6 ± 10.6 vs 69.8 ± 14.6) values compared with those who were unable to return to their preinjury level of sport ($n = 25$) ($P < 0.001$). No significant differences were found for the clinical evaluations between those who were and those who were not able to return at the same level for the clinical evaluations (isokinetic evaluation, postural stability, drop vertical jump test) ($P > 0.05$). No significant differences were found when comparing quadriceps strength deficit with cutoff values of 80% and 90% for return to preinjury activity level (Tegner), Lysholm, and IKDC scores.

Conclusion: Quadriceps strength deficit, regardless of cutoff value (80% or 90%), at 6 months after ACLR does not predict return to preinjury level of sport. Patients who returned to sport at their preinjury level were more satisfied with their reconstruction compared with those who did not.

Clinical Relevance: Quadriceps strength deficit is not a reliable predictor of return to sports, and therefore it should not be used as the single criterion in such evaluations.

Keywords: anterior cruciate ligament; reconstruction; return to sport; rehabilitation

*Address correspondence to João Victor Novaretti, MD, Department of Orthopaedics and Traumatology, Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, Rua Borges Lagoa, 783, 5th Floor, São Paulo, SP 04038-031, Brazil (email: jnovaretti@gmail.com).

All authors are listed in the Authors section at the end of this article.

The following authors declared potential conflicts of interest: Carlos Eduardo Franciozi, MD, PhD, is a paid consultant for Smith & Nephew, and Rene Jorge Abdalla, MD, PhD, is a paid consultant for Smith & Nephew and DePuy Synthes.

DOI: 10.1177/1941738118759911

© 2018 The Author(s)

ANEXO 10

Artigo publicado na revista *Journal of ISAKOS* em 2018

Original article

Younger age and greater preoperative function predict compliance with 2-year follow-up visits after ACL reconstruction: an analysis of the PIVOT multicentre trial

Jayson Lian,^{1,2} João Victor Novaretti,^{1,3} Neel K Patel,¹ Adam C Popchak,¹ Ryosuke Kuroda,⁴ Stefano Zaffagnini,⁵ Kristian Samuelsson,^{6,7} Volker Musahl,¹ PIVOT Study Group

¹Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

²Albert Einstein College of Medicine, New York City, New York, USA

³Department of Orthopaedics and Traumatology, Orthopaedics and Traumatology Sports Center (CITE), Paulista School of Medicine (EPM), Federal University of São Paulo, São Paulo, Brazil

⁴Department of Orthopaedic Surgery, Kobe University, Kobe, Japan

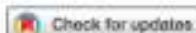
⁵Laboratorio di Biomeccanica e Innovazione Tecnologica, Istituto Ortopedico Rizzoli, Bologna, Italy

⁶Department of Orthopaedics, Institute of Clinical Sciences, The Sahlgrenska Academy, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden

⁷Department of Orthopaedics, Sahlgrenska University Hospital, Mölndal, Sweden

Correspondence to
Dr Volker Musahl, Department of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh Medical Center, Pittsburgh, PA 15203, USA; musahlv@upmc.edu

Accepted 16 June 2018



© International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine 2018. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.

To cite: Lian J, Novaretti JV, Patel NK, et al. *ISAKOS*. Epub ahead of print: [Please include Day Month Year]. doi:10.1136/Isako-2018-000231

ABSTRACT

Objectives The purpose of this investigation was to identify clinical and demographic variables that may predict compliance, defined as patient follow-up at 1-year and 2-year postoperative appointments, after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR).

Methods A total of 107 patients undergoing primary ACLR across four centres were prospectively followed for 2 years. Demographic and clinical data were recorded preoperatively and postoperatively, including patient-reported outcomes such as the Marx Activity Rating Scale, Cincinnati Occupational Rating Scale (CORS), International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form and Activities of Daily Living Scale (ADLS). Compliance was retrospectively defined using the presence or lack of outcome measures at 1-year and 2-year postoperative visits. Univariate analysis was done to compare demographic and clinical variables between compliant and non-compliant patients at 1-year and 2-year follow-up. Significant variables were entered into a logistic regression model. Significance was set at $p < 0.05$.

Results The overall rate of compliance at 1-year and 2-year postoperative appointments was 83.2% (89/107) and 57.0% (61/107), respectively. Regression analysis showed that residence in Kobe, Japan compared with Pittsburgh, USA (OR 10.78; 95% CI 1.0003 to 105.28), and 'very strenuous' (OR 16.74; 95% CI 3.21 to 87.43) and 'strenuous' (OR 18.78; 95% CI 2.01 to 175.78) preinjury activity level were independent factors associated with compliance at 1-year follow-up. At 2 years follow-up, younger age (OR 0.95; 95% CI 0.91 to 0.997), and greater preoperative score on CORS (OR 1.03; 95% CI 1.01 to 1.06) and on ADLS (OR 1.04; 95% CI 1.01 to 1.07) were independently associated with compliance.

Conclusion While patients with greater level of strenuous activity were more likely to follow-up after ACL surgery at 1 year, patients who were younger and had higher preoperative function measured by CORS and ADLS were more likely to follow-up at 2 years. Differences in follow-up rates among the USA, Italy, Sweden and Japan may highlight important cultural, socioeconomic and infrastructural differences across international healthcare systems. Orthopaedic surgeons may consider the results of this study during preoperative discussion with their patients and design of future ACL clinical research trials.

Level of evidence Level III, prospective cohort.

What are the new findings

- The rate of 2-year compliance with postoperative follow-up, after anterior cruciate ligament reconstruction was greatest in Göteborg, Sweden (72.2%), followed by Kobe, Japan (66.7%), Bologna, Italy (50.0%), then Pittsburgh, USA (45.9%).
- Younger age (OR 0.95; 95% CI 0.91 to 0.997), higher preoperative scores on Cincinnati Occupational Rating Scale (OR 1.03; 95% CI 1.01 to 1.06) and Activities of Daily Living Scale (OR 1.04; 95% CI 1.01 to 1.07) were predictive of 2-year compliance.
- Very strenuous and strenuous preinjury level of activity (OR 16.74; 95% CI 3.21 to 87.43 and OR 18.78; 95% CI 2.01 to 175.78, respectively) were predictive of 1-year compliance.
- Factors that did not influence compliance rates included: (1) degree of rotational knee instability, as measured by clinical and quantitative pivot shift exam, (2) concomitant meniscus or cartilage injury, (3) sex, (4) smoking history and (5) employment status.

INTRODUCTION

A pervasive criticism of orthopaedic surgery research is the current lack of high-quality (ie, randomised controlled trials) clinical trials with long-term follow-up.^{1,2} An increasingly recognised reason for this is patient non-compliance with follow-up appointments or patient loss to follow-up.^{2,3,4} Compared with other surgical specialties, orthopaedic research trials have unfortunately been hampered by inadequate follow-up rates,^{2,3} and by a lack of reporting of non-compliance rates.^{5,6} Recently, loss to follow-up has been investigated in the setting of orthopaedic trauma,^{2,7} revealing risk factors for non-compliance such as male sex, young age, high-risk alcohol and drug use and treatment in a high-income country with predominantly privately funded healthcare system. Compliance in the setting of anterior cruciate ligament (ACL) surgery and orthopaedic sports medicine, however, is comparatively less well understood.

Clinically, patients who are lost to follow-up after ACL surgery may be at risk for worse outcomes,

ANEXO 11

Artigo publicado na revista *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* em 2018

J Shoulder Elbow Surg (2018) ■■■ ■■■ ■■■



ELSEVIER

JOURNAL OF
SHOULDER AND
ELBOW
SURGERY

www.elsevier.com/locate/jymse

ORIGINAL ARTICLE

The effect of adipose-derived stem cells on enthesis healing after repair of acute and chronic massive rotator cuff tears in rats

Benjamin B. Rothrauff, MD, PhD^a, Catherine A. Smith^b, Gerald A. Ferrer, BS^b, João V. Novaretti, MD^a, Thierry Pauyo, MD^a, Tom Chao, MD^a, David Hirsch, MD^a, Mason F. Beaudry, BS^a, Elmar Herbst, MD^a, Rocky S. Tuan, PhD^{a,b}, Richard E. Debski, PhD^{a,b}, Volker Musahl, MD^{a,b,*}

^aDepartment of Orthopaedic Surgery, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA

^bDepartment of Bioengineering, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, USA

Background: Chronic massive rotator cuff tears heal poorly and often re-tear. This study investigated the effect of adipose-derived stem cells (ADSCs) and transforming growth factor- β 3 (TGF- β 3) delivered in 1 of 2 hydrogels (fibrin or gelatin methacrylate [GelMA]) on enthesis healing after repair of acute or chronic massive rotator cuff tears in rats.

Methods: Adult male Lewis rats underwent bilateral transection of the supraspinatus and infraspinatus tendons with intramuscular injection of botulinum toxin A ($n = 48$ rats). After 8 weeks, animals received 1 of 8 interventions ($n = 12$ shoulders/group): (1) no repair, (2) repair only, or repair augmented with (3) fibrin, (4) GelMA, (5) fibrin + ADSCs, (6) GelMA + ADSCs, (7) fibrin + ADSCs + TGF- β 3, or (8) GelMA + ADSCs + TGF- β 3. An equal number of animals underwent acute tendon transection and immediate application of 1 of 8 interventions. Enthesis healing was evaluated 4 weeks after the repair by microcomputed tomography, histology, and mechanical testing.

Results: Increased bone loss and reduced structural properties were seen in chronic compared with acute tears. Bone mineral density of the proximal humerus was higher in repairs of chronic tears augmented with fibrin + ADSCs and GelMA + ADSCs than in unrepaired chronic tears. Similar improvement was not seen in acute tears. No intervention enhanced histologic appearance or structural properties in acute or chronic tears.

Conclusions: Surgical repair augmented with ADSCs may provide more benefit in chronic tears compared with acute tears, although there was no added benefit to supplementing ADSCs with TGF- β 3.

Level of evidence: Basic Science Study; Biomechanics and Histology; In-vivo Animal Model

© 2018 Journal of Shoulder and Elbow Surgery Board of Trustees. All rights reserved.

Keywords: Shoulder; rotator cuff; mesenchymal stem cell; enthesis; chronicity; augmented repair; rat

The University of Pittsburgh Institutional Animal Care and Use Committee approved this study (Protocol #: 1509665)

*Reprint requests: Volker Musahl, MD, UPMC Center for Sports Medicine, 3200 S Water St, Pittsburgh, PA 15203, USA.
E-mail address: musahlv@upmc.edu (V. Musahl).

1058-2746/\$ - see front matter © 2018 Journal of Shoulder and Elbow Surgery Board of Trustees. All rights reserved.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.08.044>

ANEXO 12

Artigo publicado na *Revista Brasileira de Ortopedia* em 2018

REV BRAS ORTOP. 2018;53(4):404-409



Original Article

Ultrasonography for evaluation of hamstring tendon diameter: is it possible to predict the size of the graft?☆



Diego da Costa Astur, João Víctor Novaretti*, Andre Cicone Liggieri, César Janovsky, Alexandre Pedro Nicolini, Moises Cohen

Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 December 2016

Accepted 23 February 2017

Available online 8 June 2018

Keywords:

Anterior cruciate ligament

Knee injuries

Ultrasonography

ABSTRACT

Objective: Perform the preoperative measurement of the hamstring tendons using ultrasound imaging, validating and correlating the measured value with that found during surgical reconstruction of the ligament.

Methods: A cross-sectional study was carried out with 24 patients who underwent ultrasonographic measurement of the semitendinosus and gracilis muscle tendons and were subsequently submitted to surgical reconstruction of the ACL, with ipsilateral semitendinosus and gracilis tendon grafting.

Results: The patients' ages ranged from 16 to 43 years, with a mean of 24.8 years (SD = 8.4 years), 79.2% were men, and the distribution by side was 41.7% right knees and 58.3% left knees. A non-significant correlation coefficient was found between the area calculated by ultrasound ($2 \times$ semitendinosus area + $2 \times$ gracilis area) and the intraoperative measurement ($r = 0.16$; $p = 0.443$). No evidence of a difference between intraoperative measurements < 8 mm and ≥ 8 mm was found for the area calculated by the ultrasound ($p = 0.746$). The difference observed between the groups was -0.01 (95% CI: -0.09 to 0.07).

Conclusion: Preoperative ultrasound imaging of the semitendinosus and gracilis tendons does not present a statistically significant correlation with the intraoperative measurement of the quadruple hamstring graft for ligament reconstruction.

© 2018 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

☆ Study conducted at Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, Centro de Ortopedia e Traumatologia do Esporte (CETE), São Paulo, SP, Brazil.

* Corresponding author.

E-mail: jvnovaretti@gmail.com (J.V. Novaretti).

<https://doi.org/10.1016/j.rboe.2018.05.005>

2255-4971/© 2018 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ANEXO 13

Artigo publicado na revista *Acta Ortopédica Brasileira* em 2018DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-785220182606168849>

ORIGINAL ARTICLE

ASSESSMENT OF THE REGENERATION CAPACITY OF SEMITENDINOSUS AND GRACILIS TENDONS

REGENERAÇÃO DOS TENDÕES DOS MÚSCULOS SEMITENDÍNIO E GRÁCIL APOS RETIRADA

LEONARDO JOSÉ BERNADES ALBERTONI¹, PEDRO DEBIEUX^{1,3}, CARLOS EDUARDO DA SILVEIRA FRANCOZI^{1,3}, JOÃO VICTOR NOVARETTI², GERALDO SERGIO DE MELO GRANATA JR¹, MARCUS VINICIUS MALHEIROS LUZO¹

1. Knee Surgery and Arthroscopy Group, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), São Paulo, SP, Brazil.
 2. Sports Traumatology Group, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), São Paulo, SP, Brazil.
 3. Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brazil.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the regenerative capacity of gracilis (G) and semitendinosus (ST) tendons, to examine the sensitivity and specificity of signs and symptoms in the assessment of hamstring tendons, and to assess the thickness and insertion site of regenerated tendons. **Methods:** Thirty sequential knees were subjected to anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus and gracilis tendons. After surgery, the patients were followed up clinically with physical examination and magnetic resonance imaging (MRI). **Results:** Overall, 36.66% of the tendons were visible on MRI, whereas 83.33% were palpable. On MRI, the distal insertion site of the regenerated semitendinosus tendon was visible proximal to the landmark of the medial femoral condyle in 28%, at the same level in 16%, and distally in 56% of the cases. Gracilis tendon insertion was visible proximally in 36.66% of cases, at the same level in 10%, and distally in 53.33%. Eleven knees exhibited complete regeneration. **Conclusion:** Partial or total regeneration of the ST and G tendons was apparent on MRI. Palpation is effective for evaluating regeneration of the ST and G tendons; however, MRI is still the gold standard. ST and G tendons regenerated completely in only a small percentage of patients, limiting reuse as a graft in cases with new ligament injuries of the knee. **Level of Evidence II, Prospective comparative study.**

Keywords: Knee, Tendons, Magnetic Resonance Imaging, Physical Examination.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a capacidade de regeneração dos tendões Grácil e Semitendíneo; Identificar a sensibilidade e especificidade da manobra semiológica para detecção da presença dos tendões isquiotibiais; verificar espessura e região de inserção dos tendões regenerados. **Métodos:** 30 pacientes foram submetidos à cirurgia para reconstrução do LCA, com retirada dos tendões do semitendíneo e grácil. Após a cirurgia, os pacientes foram acompanhados clinicamente por exame físico e por RM. **Resultados:** Observou-se que em 36,66% eles se apresentavam visíveis, enquanto 83,33% os tendões estavam palpáveis. Observou-se à RM, quanto a região da inserção distal dos tendões regenerados: Semitendíneos, 28% proximal ao ponto padronizado do MFC, 16% se apresentaram ao nível e 56% distal. Já quanto aos tendões do Grácil, 36,66% apresentavam-se proximais, 10% ao nível e 53,33% distal. Onze tendões do ST e do G tiveram regeneração completa. **Conclusões:** Ficaram caracterizadas, por RM, as regenerações parciais ou totais dos tendões ST e G; a palpção, é eficaz para avaliar a regeneração dos tendões, porém RM mantém-se como padrão ouro; apenas parte dos pacientes os tendões ST e G se regeneraram de maneira completa, limitando a sua reutilização como enxerto nos casos de nova lesão ligamentar. **Nível de Evidência II, Estudo prospectivo comparativo.**

Descritores: Joelho. Tendões. Ressonância Magnética. Exame Físico.

Citation: Albertoni LJB, Debieux P, Francozi CES, Novaretti JV, Granata Jr GSM, Luzo MVM. Assessment of the regeneration capacity of semitendinosus and gracilis tendons. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2018;26(6):379-83. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUCTION

Knee ligament reconstruction is a common procedure.¹ In general, a graft is placed in the position of the original ligament and assumes its function. Among the potential grafts available, there has been an exponential increase in the use of semitendinosus (ST) and gracilis (G) tendons in recent decades because of lower morbidity at the donor site, greater technical ease in removal, and the potential for

accelerated recovery with decreased pain compared to that with other grafts. These features enable earlier rehabilitation without substantial loss of resistance, as these tendons produce similar or better results, with stretching characteristics comparable to those of other grafts.²⁻⁴

The versatility of this type of graft has also allowed the development of reconstruction techniques for practically all ligaments of the

All authors declare no potential conflict of interest related to this article.

Study conducted at the Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-EPM), São Paulo, SP, Brazil.
 Correspondence: Pedro Debieux, Rua Borges Lagoas, 783, 5 andar, São Paulo, SP, Brazil. CEP 04038-030. E-mail: pedrodortop@gmail.com

Article received in 09/05/2016, approved in 09/10/2016.

Acta Ortop Bras. 2018;26(6):379-83



ANEXO 14

Artigo publicado na revista *Journal of ISAKOS* em 2017

Current concepts

Genetic and molecular factors and anterior cruciate ligament injuries: current concepts

Diego Costa Astur, João Victor Novaretti, Moises Cohen

Ortopedia e Traumatologia SP,
Universidade Federal de São
Paulo, São Paulo, Brazil

Correspondence to
Professor Diego Costa Astur,
Avenue Pacaembu 1024 São
Paulo, SP- Brazil; mcastur@
yahoo.com

Received 23 October 2016
Revised 24 February 2017
Accepted 07 March 2017

ABSTRACT

The importance of genetic factors in the pathogenesis of diseases is well established. Association between different pathologies and their gene expression may improve treatment and knowledge about them. There are some important studies about gene expression analysis and anterior cruciate ligament (ACL) injury. A familial relationship of ACL injuries has been described. Also, studies have shown a relationship between ACL injury and genes of different types of collagen, such as collagen type 1 (COL1A1), type 3 (COL3A1), type 5 (COL5A1), type 12 (COL12A1), type 14 (COL14A1) and type 15 (COL15A1). Nonetheless, gene factors that are responsible for metalloproteinase, proteoglycans and angiogenesis-associated signalling pathway have been correlated to the risk of ACL rupture. Despite the fact that the relationship between gene expression and genetic polymorphism and ACL injury is not nearly fully understood, current data present new interesting facts. Further studies may help us understand the actual importance of genetic factors and aetiology of ACL tears, which could ultimately lead us to new approaches in the prevention and treatment of these injuries.

INTRODUCTION AND BASIC SCIENCE

The importance of genetic factors in the pathogenesis of diseases is well established in innumerable areas of medicine. Knowing which gene expression is associated with the propensity to develop a specific disease results to possible treatment and even cure of conditions that were once fatal or debilitating to mankind.

Gene expression is the process, or the regulation of the process, by which the effects of a gene are expressed. Genetic polymorphism is the occurrence, together within the same population, of two or more genetically determined phenotypes, in such proportion that the most rare of them cannot be maintained merely by recurrent mutation. Meanwhile, single nucleotide polymorphism is a common genetic polymorphism between two genomes that is based on deletion, insertion or exchange of a single nucleotide.¹

Gene expression analysis using reverse transcription-quantitative PCR is currently considered as the gold standard technique.² This method is basically performed starting with sample extraction and storage, followed by RNA extraction, testing RNA samples, reverse transcription, primer design and validation, and finally reference gene validation.³ The details of the phases are off the scope of this text.

Leal and colleagues⁴ have investigated the genes that could be adopted as reference genes to study samples of the anterior cruciate ligament (ACL)

Box 1 Current concepts

- ▶ Familial relationship of anterior cruciate ligament (ACL) injuries.
- ▶ Gene factors of different types of collagen such as types 1, 3, 5, 12, 14 and 15 have been associated with the risk of ACL injury.
- ▶ Genes that are responsible for other structures, such as proteoglycans, matrix metalloproteinase and angiogenesis-associated signalling pathway, are also already associated with ACL rupture.

of the knee, and found that at least three different reference genes should be used on the analysis of samples.

The quest for finding genetic factors that could predispose ACL injury launches a whole new area of study on ACL and could help us in improving the prevention of these injuries, one of the most commonly operated knee lesions worldwide.

Collagen is the most abundant protein in the animal kingdom, with 28 types described in humans.⁵ About 80%–90% of the collagen in the body consists of types I, II and III,⁶ with type I collagen being the most common form of collagen.⁷ Collagen makes up 30% of the mass of vertebrates, and it can be found in the bones, skin, tendons, cartilage, dentin, blood vessels, cornea, nerves, intestines and in the fibrous capsules of organs.²

The basic structural unit of collagen is a triple helical structure, and each type of collagen differs mainly from segments that interrupt the triple helix and that fold into other kinds of three-dimensional structures, and in their ability to form fibres and to organise fibres into networks.⁴ Collagens are classified into several general groups: fibrillar collagens, FACIT (fibril-associated collagens with interrupted triple helices) and FACIT-like collagens, beaded filament collagens, basement membrane collagens, short-chain collagens, transmembrane collagens and some unclassified collagens.⁵ The characteristics of each group are off the scope of this text.

The main purpose of all collagen types is to help tissues withstand stretching. Type I collagen fibrils, for example, have a great tensile strength, meaning that they can be stretched without being broken. Gram for gram, type I collagen is stronger than steel.⁴

What is the reality in genetics and ACL injury?

In 1994, Harner *et al* first described a familial relationship of ACL injuries, thereby suggesting a possible congenital aspect of this injury.⁸ In Sweden, a study



CrossMark

To cite: Astur DC,
Novaretti JV, Cohen M.
J ISAKOS Published Online
First: please include Day
Month Year], doi:10.1136/
jiskos-2016-000115

BMJ

Astur DC, *et al*. *J ISAKOS* 2017;0:1–4. doi:10.1136/jiskos-2016-000115. Copyright © 2017 ISAKOS

Copyright 2017 by International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine.