

RODRIGO ABBUD CANOVA

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA FIXAÇÃO DO BLOCO ÓSSEO DO ENXERTO DE
TENDÃO PATELAR NA RECONSTRUÇÃO DO LCA COM PINOS TRANVERSOS
EM SUÍNOS**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Artroscopia e Traumatologia
Desportiva do Hospital de Clínicas,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Batista Albano
Coordenador: Prof. Dr. João Luis Vieira da
Silva

CURITIBA

2010

RODRIGO ABBUD CANOVA

**ESTUDO BIOMECÂNICO DA FIXAÇÃO DO BLOCO ÓSSEO DO ENXERTO DE
TENDÃO PATELAR NA RECONSTRUÇÃO DO LCA COM PINOS TRANVERSOS
EM SUÍNOS**

**Monografia apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Artroscopia e Traumatologia
Desportiva do Hospital de Clínicas,
Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Mauro Batista Albano
Coordenador: Prof. Dr. João Luis Vieira da
Silva**

CURITIBA

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Canova, Rodrigo Abbud

ESTUDO BIOMECÂNICO DA FIXAÇÃO DO BLOCO ÓSSEO DO ENXERTO DE TENDÃO PATELAR NA RECONSTRUÇÃO DO LCA COM PINOS TRANVERSOS EM SUÍNOS.
CURITIBA, 2010.

Nº de páginas: 25

Área de concentração: Ciência da Saúde, Biomecânica

Orientador: Prof. Dr. Mauro Batista Albano

Monografia – Programa de Pós-Graduação do Hospital de Clínicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

1. Ligamento Cruzado Anterior; 2. Fêmur; 3. Dispositivos de Fixação

Aos meus pais e professores

Dedico

AGRADECIMENTOS

À equipe do Centro de Traumatologia Esportiva e Artroscopia de Curitiba (Ctea).

Ao Prof. Dr. Mauro Batista Albano, pela dedicação, explicações e tempo dispendido.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODO.....	11
3 RESULTADOS.....	16
4 DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS.....	24

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - GUIA FEMORAL EM FORMA DE “U”. UMA DAS HASTES ESTÁ POSICIONADA NO TÚNEL FEMORAL. A OUTRA POSSUI O DISPOSITIVO PARA CONFECÇÃO DOS TÚNEIS TRANSVERSOS	11
FIGURA 2 - GUIAS TRANSVERSOS POSICIONADOS NA FACE LATERAL DO CÔNDILO FEMORAL, PARA INSERÇÃO DOS PINOS	12
FIGURA 3 - PINOS USINADOS EM AÇO	12
FIGURA 4 - ENXERTO APÓS FIXAÇÃO.....	13
FIGURA 5 - ESPÉCIME ADAPTADO À MÁQ. DE TRAÇÃO UNIVERSAL.....	14
FIGURA 6 - FRATURA DO BLOCO ÓSSEO NO PINO DISTAL/ ROTURA DO TENDÃO	18
TABELA 1 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE CARGA MÁXIMA ATÉ A FALHA.....	16
TABELA 2 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE RIGIDEZ.....	17
TABELA 3 - MODO E LOCAL DE FALHA DA FIXAÇÃO.....	18
GRÁFICO 1 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS VALORES DE CARGA MÁXIMA ATÉ A FALHA	16
GRÁFICO 2 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS VALORES DE RIGIDEZ	17

RESUMO

Com o objetivo de testar a influência da orientação rotacional do enxerto no interior do túnel femoral, na resistência à tração, vinte enxertos osso-tendão-osso de suínos foram fixados utilizando-se o sistema de dois pinos transversos metálicos (42 mm de comprimento e 2,7mm de diâmetro) em duas posições diferentes. No grupo A (10 joelhos), manteve-se uma rotação do bloco ósseo tal, que tanto a perfuração quanto a posterior fixação com os pinos metálicos ocorreram através do osso cortical do bloco ósseo. No grupo B (10 joelhos), a perfuração do enxerto e sua fixação só ocorreram pelo osso esponjoso do bloco. Após a fixação, o conjunto implante-enxerto foi submetido ao teste de tração única, à velocidade de 50 mm/min, até a falha. Comparou-se a força máxima de resistência à tração única e rigidez do sistema.

O modo de falha mais comum em ambos os grupos foi a fratura do bloco ósseo no pino distal (18 espécimes). A média de resistência à tração máxima até a falha, no grupo A, foi de 632,56 N. no grupo B, de 582,11 N ($p=0,72$). A média de rigidez do grupo A foi de 66,90 N/mm e no grupo B, de 64,52 N/mm ($p=0,82$).

Não houve diferença estatisticamente significativa na resistência à tração máxima e na rigidez da fixação de enxerto osso-tendão-osso no túnel femoral de joelhos de suínos, fixados com dois pinos transversos metálicos, nas duas variantes testadas (pinos transfixando a tábua óssea cortical do bloco ósseo ou exclusivamente a esponjosa

Descritores: Ligamento Cruzado Anterior, Fêmur, Dispositivos de Fixação Ortopédica, Mecânica, enxerto osso-tendão-osso.

ABSTRACT

With the purpose of testing the influence of the graft rotational orientation inside the femoral tunnel, relatively to its strength, twenty porcine bone-patellar tendon-bone grafts were fixed with 2 metallic 2,7 mm pins in two different ways. In the group A (10 grafts), the pins fixed the bone plug by crossing its cortical. In the group B (10 grafts), the pins crossed only the medullar of the bone plug.

The most common failure mode was fracture of the bone block around the distal pin (18 specimens). The mean maximum load in group A was 632,56 N. In group B was 582,11 N ($p=0,72$). The mean stiffness in group A was of 66,90 N/mm and in group B, 64,52 N/mm ($p=0,82$).

There was no statistical difference in maximum load or mean stiffness in the fixation of bone-patellar tendon-bone with of two cross pins in porcine femora, in the scenario tested (the pins crossing only the medullar bone or crossing the cortical and medullar bone of the bone block).

Key words: Anterior Cruciate Ligament, Femur, Orthopedic Fixation Device, Mechanics, bone-patellar-bone graft.

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A fixação do enxerto é um fator de extrema importância na reconstrução do ligamento cruzado anterior, já que é o ponto mais frágil da reconstrução. O enxerto osso-tendão patelar-osso permite uma fixação rígida no interior dos túneis e a técnica de fixação com parafusos de interferência metálicos é a mais utilizada para este enxerto, sendo considerado padrão ouro de fixação (Abate *et al.*, 1998; Frank e Jackson, 1997; Fu *et al.*, 2000; Weiman *et al.*, 2003; Zantop, Ruemmler *et al.*, 2005). Apesar de suas excelentes propriedades biomecânicas, este método de fixação apresenta algumas desvantagens, como risco ruptura da cortical posterior do túnel femoral, laceração do enxerto durante a introdução do parafuso, distorção dos exames de ressonância magnética no pós-operatório e necessidade de remoção do implante nos casos de revisão (Fu *et al.*, 2000; Weiman *et al.*, 2003; Zantop, Ruemmler *et al.*, 2005; Chandratreya e Aldridge, 2004).

Para vencer estas dificuldades, foram desenvolvidos sistemas de fixação com implantes posicionados transversalmente à orientação do túnel femoral. Um deles é o sistema que utiliza dois pinos bio-absorvíveis com comprimento de 42mm e diâmetro de 2,7mm para a fixação do enxerto patelar e 3,3mm para o enxerto tendinoso (RigidFix[®], Ethicon, Mitek Division, Norderstedt, Germany). Este sistema possui vantagens em relação à fixação com parafusos, como maior contato do enxerto ósseo com o túnel, diminuição do risco de ruptura da cortical posterior (e mesmo nesta ocorrência ainda é possível a fixação do enxerto) e possibilita a realização de RNM no pós-operatório sem interferência no sinal (Fu *et al.*, 2000; Weiman *et al.*, 2003; Zantop, Ruemmler *et al.*, 2005; Chandratreya e Aldridge, 2004).

Na literatura, por tratar-se de método desenvolvido recentemente, encontrou-se pequeno número de trabalhos demonstrando a rigidez de fixação com este sistema. Há pequenos detalhes de técnica que ainda não foram descritos como sendo relevantes na utilização do material. O objetivo deste estudo é testar a resistência inicial do conjunto implante-enxerto em duas possíveis variantes relacionadas ao posicionamento rotacional do bloco ósseo no túnel femoral, tomando-se como parâmetros a força máxima de resistência à tração única e a rigidez do sistema.

2 MATERIAL E MÉTODO

2 MATERIAL E MÉTODO

Vinte espécimes de joelhos de suínos da raça Large-White, esqueleticamente imaturos, com peso variando entre 90 e 110 kg e idade entre 140 e 150 dias foram adquiridos de um abatedouro local e congelados a -20°C . Os joelhos foram separados durante o processo de desossa, preservando-se o fêmur, tíbia e o aparelho extensor. As peças foram descongeladas em temperatura ambiente por 12 horas antes do procedimento cirúrgico. Primeiramente retirou-se o enxerto, consistindo da porção central do tendão patelar com 10 mm de largura e blocos ósseos da patela e tíbia, com 10x25mm. Os blocos ósseos foram preparados. O fêmur foi separado e submetido a confecção de um túnel com 10 mm de diâmetro, 2 mm anterior a cortical posterior, obedecendo a orientação de 1 hora para os joelhos esquerdos e 11 horas para os joelhos direitos.

Para a confecção dos furos transversos e posterior inserção dos dispositivos de fixação, foi utilizado o guia Mitek RigidFix[®] (Ethicon, Mitek Division, Norderstedt, Germany), como descrito por Weimann *et al.*, 2003. O guia tem a forma de “U”, sendo que uma das hastes é posicionada internamente no túnel femoral e na outra, externa, há um dispositivo para confecção de 2 orifícios que interceptam o túnel femoral perpendicularmente, na metade de seu diâmetro no plano coronal para a inserção dos pinos de fixação (Figuras 1 e 2).

FIGURA 1 - GUIA FEMORAL EM FORMA DE “U”. UMA DAS HASTES ESTÁ POSICIONADA NO TÚNEL FEMORAL. A OUTRA POSSUI O DISPOSITIVO PARA CONFEÇÃO DOS TÚNEIS TRANSVERSOS.

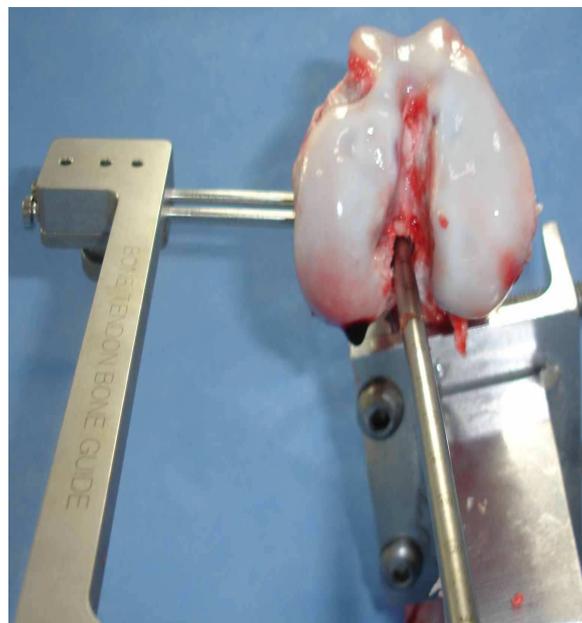
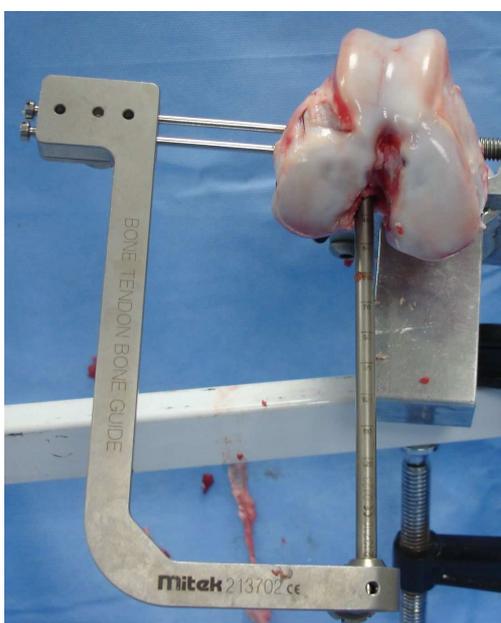
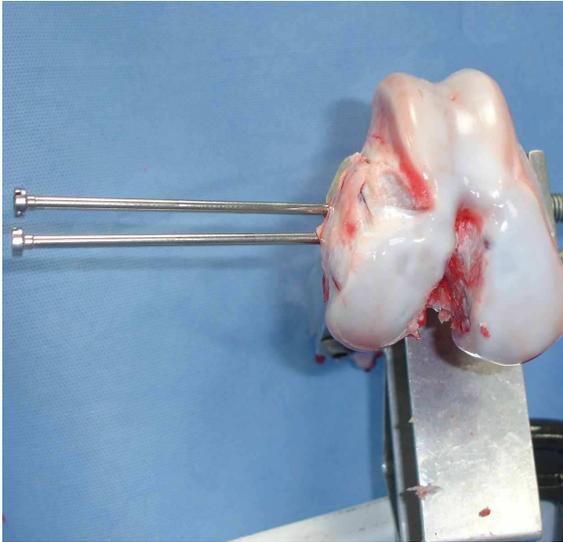
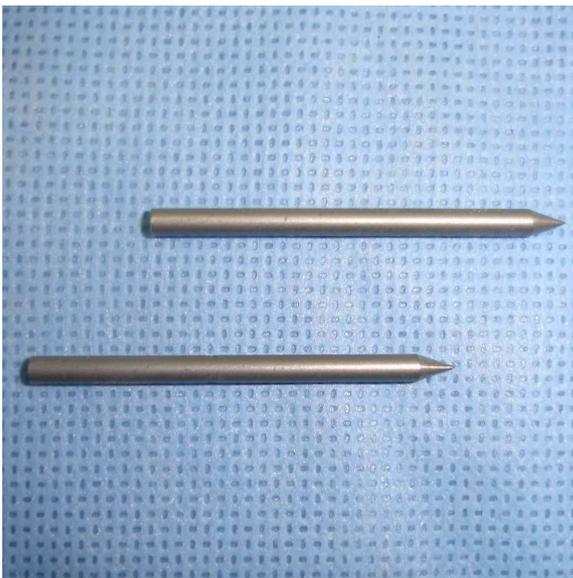


FIGURA 2 - GUIAS TRANSVERSOS POSICIONADOS NA FACE LATERAL DO CÔNDILO FEMORAL, PARA INSERÇÃO DOS PINOS.



Os pinos foram usinados em aço, na UTFPR, com as mesmas dimensões dos pinos bio-absorvíveis do sistema Rigid Fix (2,7x 42 mm) (Figura 3).

FIGURA 3 - PINOS USINADOS EM AÇO



O enxerto, previamente preparado, foi tracionado para dentro do túnel femoral através de um fio de tração adaptado no bloco ósseo patelar. A amostra foi

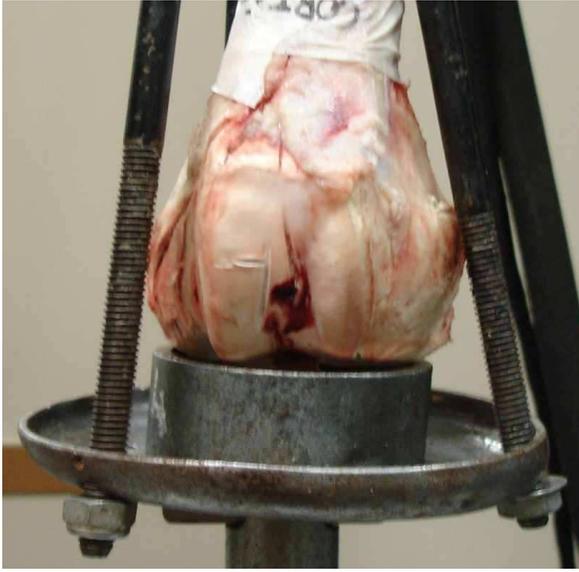
dividida em 2 grupos, sendo que no grupo A (10 joelhos), manteve-se a orientação do bloco ósseo de modo que permitisse a fixação dos pinos metálicos através do osso cortical do bloco ósseo. No grupo B (10 joelhos), realizou-se a fixação do bloco ósseo através do osso esponjoso, sem transfixar a cortical (Figura 4). Os espécimes foram então embalados e congelados novamente até a realização dos testes.

FIGURA 4 - ENXERTO APÓS FIXAÇÃO



Os espécimes foram descongelados à temperatura ambiente por doze horas antes da realização dos testes. Foram então levados ao departamento de mecânica da UTFPR onde foram adaptados em uma máquina de tração universal hidráulica MTS 810. (Figura 5). A máquina exercia a tração no sentido longitudinal, a uma velocidade de 50 mm/min, até a falha do sistema. Para comparação dos grupos em relação às variáveis do estudo (força máxima de resistência à tração única e rigidez do sistema), utilizou-se o teste t de Student, considerando-se significância estatística $p < 0,05$.

FIGURA 5 - ESPÉCIME ADAPTADO À MÁQUINA DE TRAÇÃO UNIVERSAL



3 RESULTADOS

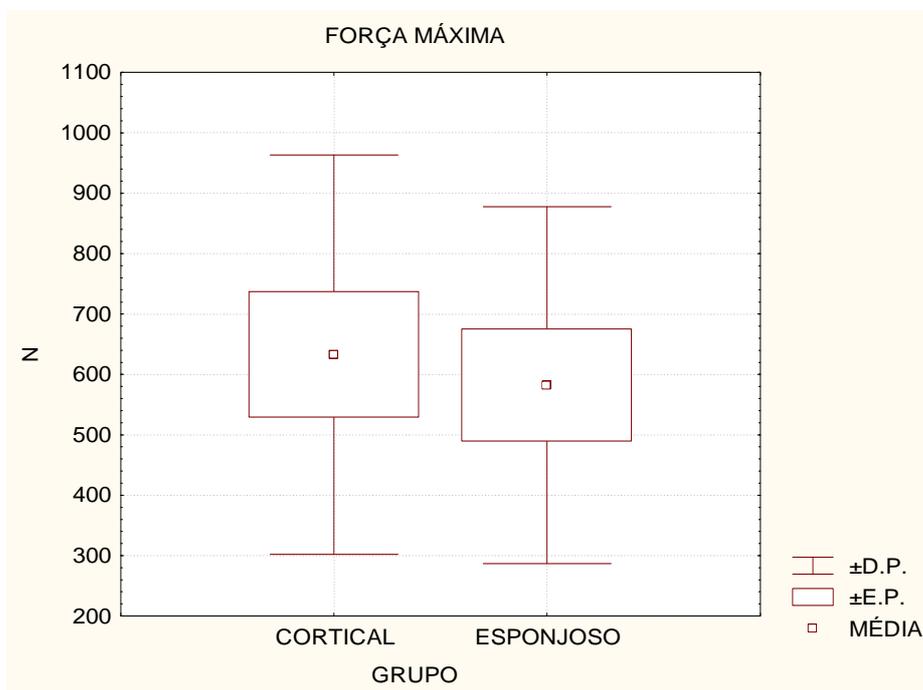
3 RESULTADOS

A média de resistência à tração máxima, em ciclo único, nos grupos A (pino atravessando osso cortical) e B (pino atravessando apenas osso esponjoso) não apresentou diferença estatisticamente significativa ($p=0,72$). A tabela e o gráfico 1 demonstram os valores médios dos grupos e suas variações.

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE CARGA MÁXIMA ATÉ A FALHA.

grupo	n	Mínimo(N)	Máximo (N)	MÉDIA (N)	D.P.
A (cortical)	10	88,5	1027,98	632,56	330,64
B (esponjoso)	10	227,2	1129,16	582,11	295,47

GRÁFICO 1 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS VALORES DE CARGA MÁXIMA ATÉ A FALHA.

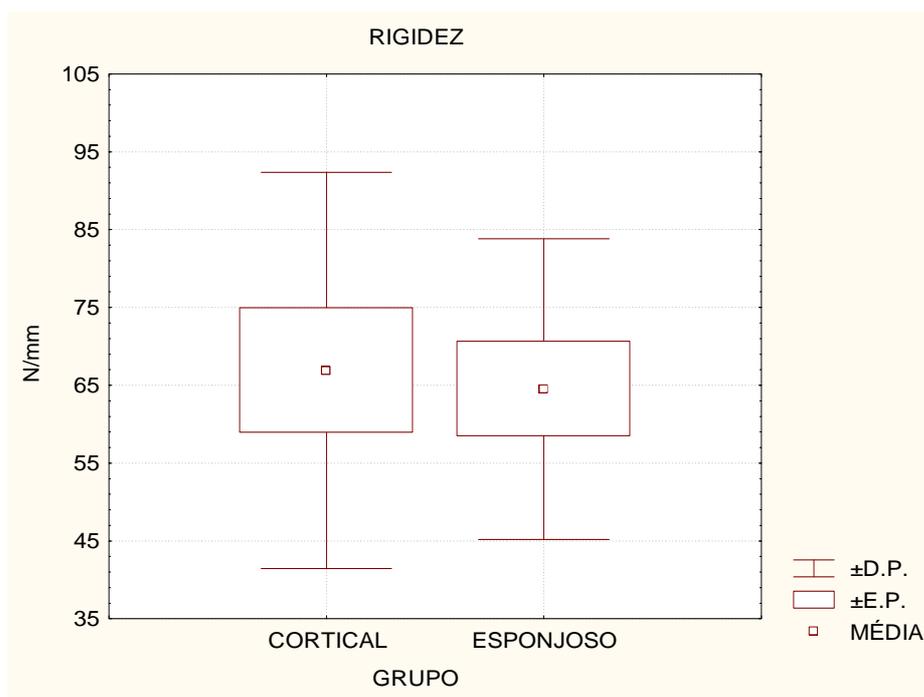


As médias de rigidez também não demonstraram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ($p=0,82$). A tabela e o gráfico 2 demonstram os valores médios dos grupos e suas variações.

TABELA 2 - COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE RIGIDEZ.

grupo	n	Mínimo (N)	Máximo (N)	MÉDIA (N)	D.P.
A (cortical)	10	28,45	112,2	66,90	25,45
B (esponjoso)	10	30,6	92,18	64,52	19,33

GRÁFICO 2 - GRÁFICO COMPARATIVO DOS VALORES DE RIGIDEZ.

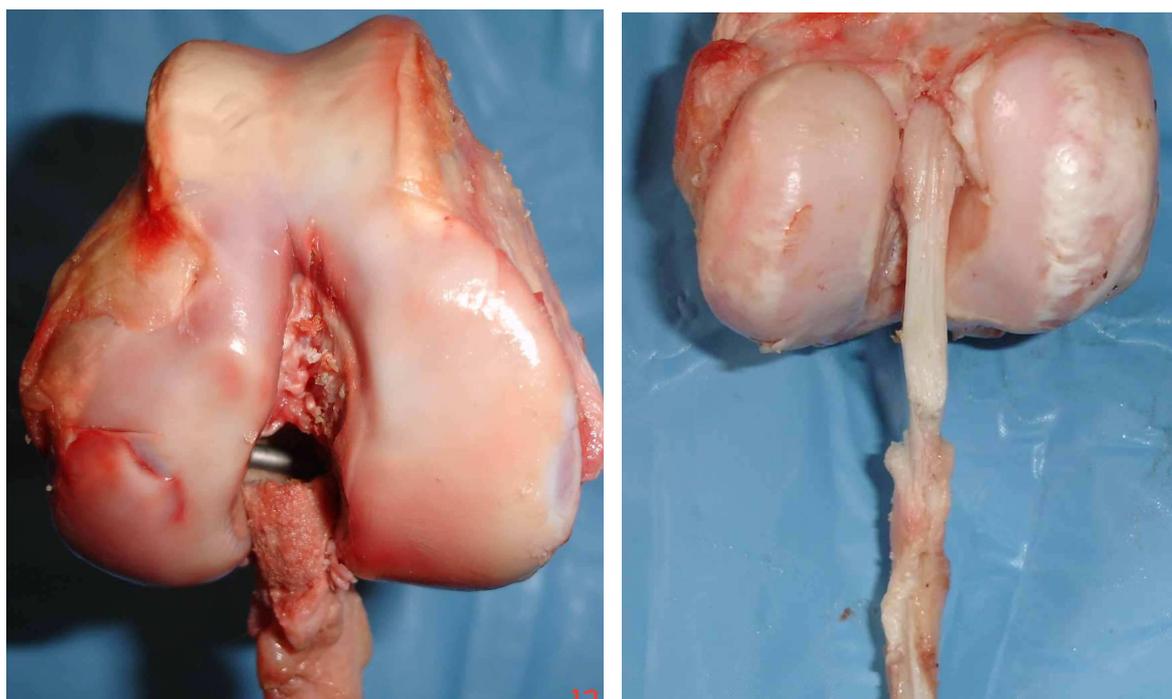


O principal local e modo de falha foi a fratura do bloco ósseo no pino distal, ocorrendo em 80% dos casos no grupo A e em 100% no grupo B (90% do total). Outros locais de falha foram a rotura do tendão e a rotura na transição tendão/bloco ósseo (tabela 3; figura 6).

TABELA 3 - MODO E LOCAL DE FALHA DA FIXAÇÃO

Tipo de falha	Grupo A (cortical)	%	Grupo B (esponjoso)	%	Total	%
fratura do bloco ósseo no pino distal	8	80%	10	100%	18	90%
rotura do tendão	1	10%	0	0	1	5%
rotura na transição tendão/bloco ósseo	1	10%	0	0	1	5%
TOTAL	10	100%	10	100%	20	100%

FIGURA 6 - FRATURA DO BLOCO ÓSSEO NO PINO DISTAL/ ROTURA DO TENDÃO



4 DISCUSSÃO

4 DISCUSSÃO

Durante o processo de reabilitação pós-operatório, o enxerto utilizado na reconstrução do LCA é submetido a forças que variam de 30 a 400 N (Weiman *et al.*, 2003; Markolf, Burchfield *et al.*, 1997; Noyes *et al.*, 1984; Milano, Mulas *et al.*, 2005). Portanto, até a incorporação do enxerto, que leva de 4 a 12 semanas, o método de fixação deverá resistir às forças desta magnitude (Weiman *et al.*, 2003; Corsetti e Jackson, 1996; Milano, Mulas *et al.*, 2005; Zantop *et al.*, 2004).

Devido às complicações com a utilização de parafusos de interferência, outros métodos de fixação têm sido desenvolvidos. O sistema de fixação com implantes posicionados transversalmente à orientação do túnel femoral foi desenvolvido há uma década. Entretanto, com a utilização do método, surgiram dúvidas quanto à possibilidade de realizar-se a fixação do enxerto independente de sua orientação rotacional no interior do túnel ósseo.

Zantop, Ruemmler *et al.*, citam que a fixação do enxerto osso-tendão-osso com pinos transversos deve ocorrer pela cortical do bloco ósseo. Porém não foram encontrados na literatura, trabalhos que analisassem a fixação do enxerto apenas pela porção esponjosa do bloco ósseo. Isto levou ao desenvolvimento do presente estudo.

O modelo experimental escolhido foi o joelho de suíno, devido às semelhanças anatômicas e por apresentar densidade óssea, dentre os modelos animais, mais próxima à de humanos. Neste estudo, os enxertos foram preparados com blocos ósseos de 10 mm de diâmetro, baseado nas observações feitas por Zantop, Ruemmler *et al.*, que, ao avaliarem a influência do diâmetro do bloco ósseo na resistência da fixação, recomendaram que este não fosse inferior a 9 mm.

Ao se comparar a resistência da fixação nas duas situações: pinos fixando a porção cortical do bloco ósseo ou apenas a porção esponjosa, não se encontraram diferenças estatísticas na resistência máxima, na tração única ($p=0,72$) nem na rigidez ($p=0,82$). No modelo experimental, os dois modos de fixação poderiam ser utilizados, visto que a média de resistência à tração encontrada neste estudo (582,11 N) é compatível com a resistência desejada para a fixação inicial e está muito próxima da obtida com fixação trans-cortical. Entretanto, por tratar-se de

ensaio de tração em ciclo único, ainda seria necessária a realização de um teste cíclico.

Em condições normais de movimento, as forças atuam tangentes à linha articular, minimizando a tração sobre a fixação (Zantop, Ruemmler *et al.*, 2005; Fu, Bennet *et al.*, 1999; Zantop *et al.*, 2004). No presente estudo, o eixo de tração foi alinhado ao da orientação do túnel, submetendo o sistema implante-enxerto à pior condição possível para a realização dos testes.

O modo de falha mais comum foi a fratura do bloco ósseo no pino distal, ocorrendo em 18 casos (oito casos do grupo A – cortical e 10 casos do grupo B – esponjoso; 90% do total). Weiman *et al.* observou que 60% das falhas ocorreram por fratura do bloco ósseo e 50% por quebra dos pinos. Neste estudo foram utilizados pinos metálicos para avaliar apenas o comportamento do enxerto, pois no trabalho realizado por Weiman foram utilizados pinos absorvíveis, que têm menor resistência.

As limitações deste estudo relacionadas ao uso de um modelo animal [densidade mineral óssea diferente da densidade dos seres humanos; tendão patelar suíno tem resistência maior que a de humanos (Milano, Mulas *et al.*, 2007)] torna obrigatória a continuidade da pesquisa para avaliar uma possível variante técnica na utilização deste sistema de fixação.

5 CONCLUSÃO

5 CONCLUSÃO

Não houve diferença estatisticamente significativa na resistência à tração máxima e na rigidez da fixação de enxerto osso-tendão-osso no túnel femoral de joelhos de suínos, fixados com dois pinos transversos metálicos, nas duas variantes testadas, com os pinos transfixando a tábua cortical do bloco ósseo ou exclusivamente a esponjosa.

REFERÊNCIAS

- ABATE JA, FADALE PD, HULSTYN MJ, WALSH WR. Initial fixation strength of polylactic acid interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction. **Arthroscopy**. 1998; 14: 278-84.
- CHANDRATREYA AP, ALDRIDGE JM. Top tips for RIGIDfix femoral fixation. **Arthroscopy**. 2004; 20(6): e59-61, Jul.
- CORSETTI JR, JACKSON. Failure of anterior cruciate ligament reconstruction: The biological basis. **Clin Orthop Rel Res**. 1996; 325: 42-9.
- FRANK, C.B., JACKSON D.W. The Science of Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. **J Bone Joint Surg Am**. 1997; 79: 1556.
- FU FH, BENNETT CH, LATTERMANN C, BENJAMIN C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction, part 1: biology and biomechanics of reconstruction. **Am J Sports Med**. 1999; 27: 821-30.
- FU FH, BENNETT CH, MA B, MENETREY J, LATTERMANN C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II: Operative procedures and clinical correlations. **Am J Sports Med**. 2000; 28: 124-30.
- MARKOLF KL, BURCHFIELD DM, SHAPIRO MM. Biomechanical consequences of replacement of the anterior cruciate ligament with a patellar ligament allograft. Part II: Forces in the graft compared with forces in the intact ligament. **J Bone Joint Surg Am**. 1997; 78: 1728-34.
- MILANO G, MULAS PD, PASSINO ES, CAREDDU GM, ZIRANU F, FABBRICIANI C. Evaluation of Bone Plug and Soft Tissue Anterior Cruciate Ligament Graft Fixation Over Time Using Transverse Femoral Fixation in a Sheep Model. **Arthroscopy**. 2005; Vol 21, No 5 (May), 532-9.
- MILANO G, MULAS PD, ZIRANU F, DERIU L, FABBRICIANI C. Comparison of femoral fixation methods for anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft: a mechanical analysis in porcine knees. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**. 2007; 15: 733-8.
- NOYES FR, BUTLER DL, GROOD ES, ET AL. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. **J Bone Joint Surg Am**. 1984; 66: 344-350.
- WEIMANN A, ZANTOP T, RÜMMLER M, HASSENPFUG J, PETERSEN W. Primary stability of bone-patellar tendon-bone graft fixation with biodegradable pins. **Arthroscopy**. 2003; 19: 1097-1102.
- ZANTOP T, RUEMMLER M, WELBERS B, LANGER M, WEIMANN A, PETERSEN W. Cyclic Loading Comparison Between Biodegradable Interference Screw Fixation

and Biodegradable Double Cross-Pin Fixation of Human Bone–Patellar Tendon–Bone Grafts. **Arthroscopy**. 2005; Vol 21, No 8: 934-41.

ZANTOP T, WEIMANN A, RÜMMLER M, HASSENPFUG J, PETERSEN W. Initial fixation strength of two bioabsorbable pins for the fixation of hamstring grafts compared to interference screw fixation: Single cycle and cyclic loading. **Am J Sports Med**. 2004; 32; 641-9.