



RBO
REVISTA BRASILEIRA DE ORTOPEDIA

www.rbo.org.br/



Artigo Original

Lesões ligamentares do joelho: estudo biomecânico comparativo de duas técnicas de sutura em tendões: análise *in vitro* em tendões de bovinos

Elias Marcelo Batista da Silva,^{1*} Mauro Batista Albano,² Hermes Augusto Agottani Alberti,³ Francisco Assis Pereira Filho,⁴ Mario Massatomo Namba,⁵ João Luiz Viera da Silva,⁶ Luiz Antônio Munhoz da Cunha⁷

¹Mestrando em Clínica Cirúrgica, Universidade Federal do Paraná (UFPR); Professor do Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR e do Hospital do Trabalhador (HT), Curitiba, PR, Brasil.

²Doutorando em Clínica Cirúrgica, UFPR; Professor do Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR/HT, Curitiba, PR, Brasil.

³Mestrando em Biomedicina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); Professor do Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR/HT, Curitiba, PR, Brasil.

⁴Professor, Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR/HT, Curitiba, PR, Brasil.

⁵Mestrado, Clínica Cirúrgica, UFPR; Professor e Coordenador do Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR/HT, Curitiba, PR, Brasil.

⁶Professor Titular, Ortopedia e Traumatologia da Universidade Positivo (UP); Professor do Curso de Especialização em Traumatologia Esportiva e Artroscopia da UFPR/HT, Curitiba, PR, Brasil.

⁷Professor Titular, Ortopedia e Traumatologia da UFPR; Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia da UFPR, Curitiba, PR, Brasil. Trabalho feito no Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Clínica Cirúrgica, Setor de Ciência de Saúde, UFPR.

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 4 de dezembro de 2011

Aprovado em 17 de julho de 2012

Palavras-chave:

Biomecânica

Transplantes

Ligamento cruzado anterior

Técnicas de sutura

R E S U M O

Objetivo: Avaliar e comparar o comportamento biomecânico de duas diferentes configurações de sutura, em “X” e em “Laçada”, no preparo dos tendões para reconstrução ligamentar no joelho. **Métodos:** Usaram-se tendões extensores digitais comuns bovinos que podem substituir os tendões flexores humanos em estudos experimentais de tração. No primeiro grupo, ponto em “X”, a sutura com fio Ethibond® nº 5 iniciou-se na porção distal do enxerto, com pontos transfixantes e com espaçamento entre os pontos de 7,5 mm até alcançar 3 cm distal ao início da sutura, retornando a sutura da mesma maneira, transfixando o tendão nos espaços livres e cruzando a sutura em configuração de “X”. O segundo grupo, ponto em “Laçada”, foi preparado com o mesmo tipo de fio Ethibond® nº 5, a agulha do fio foi retirada para uso somente do fio, que foi montado de maneira dupla em uma agulha avulsa formando um laço. Iniciou-se a sutura a 3 cm da extremidade do enxerto por meio de laçadas e pontos transfixantes em toda a substância do tendão, com espaçamento entre os

*Autor para correspondência: Rua Herculano Carlos Franco de Souza, 438, Água Verde, Curitiba, PR. CEP 80240-290.

Tel.: (+55 41) 3044-2940. Fax: (+55 41) 3044-2941

E-mail: eliasmbsilva@gmail.com

pontos de 7,5 mm. **Resultado:** a Força Máxima de Ruptura do ponto em “Laçada” foi de 444,45 N e a do ponto em “X” foi de 407,59 N com, diferença estatística significativa ($p = 0,030$). A Tensão média obtida no ponto em “Laçada” foi de 27,67 MPa e no ponto em “X” foi de 25,73 MPa, com diferença estatística significativa ($p = 0,036$). A rigidez não apresentou diferenças estatísticas ($p = 0,350$), com 11,804 N/mm no ponto em “Laçada” e 11,570 N/mm no ponto em “X”. **Conclusão:** O ponto em “Laçada” apresentou um comportamento biomecânico superior ao ponto em “X” considerando a Força Máxima e a Tensão.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado pela Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Knee ligament injuries: biomechanics comparative study of two suture technique in tendon – analysis “in vitro” tendon of bovine

A B S T R A C T

Keywords:

Biomechanics
Transplants
Anterior cruciate ligament
Suture techniques

Objective: To evaluate and compare the biomechanical behavior of two different suture configurations: “X” and “Loop” in the preparation of tendons for knee ligament reconstruction. **Methods:** We used common digital extensor tendons of bovine that can replace the human flexor tendons in experimental studies of traction. In the first group, point “X” suture with Ethibond® No. 5 began in the distal graft points transfixing, with spacing of 7.5 mm points to reach 03 cm distal to the beginning of the suture, returning suture in the same manner, transfixing the tendon in open spaces across the suture configuration “X”. The second group, the point “Loop” was prepared with the same type Ethibond® No. 5 of the needle wire was removed for use only of the wire was mounted in a twofold manner in a single piece forming a needle loop. Started the suture 3 cm from the end of the graft through loops and transfixing points throughout the tendon substance, with spacing between dots of 7.5 mm. **Result:** The Maximum Force of Rupture suture in “Loop” was 444.45 N and the suture in “X” was 407.59 N with statistical significance ($p = 0.030$). The average Tension obtained at the suture in “Loop” was 27.67 MPa and at the suture in “X” was 25.73 MPa with a statistically significant difference ($p = 0.036$). The stiffness showed no statistical differences ($p = 0.350$) at 11.804 N / mm at the point where “Loop” and 11.570 N / mm at the suture “X”. **Conclusion:** The suture in “Loop” had a higher biomechanical behavior to the suture “X”, considering the Maximum Force and Tension.

© 2013 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

As lesões ligamentares em seres humanos são muito comuns, principalmente ao nível do joelho, onde o ligamento cruzado anterior (LCA) é um dos ligamentos mais lesados.¹

A cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado é baseada em dois conceitos bem estabelecidos: a) uso de enxertos biológicos com características biomecânicas similares às do LCA; b) fixação do enxerto da forma mais rígida possível e o mais próximo possível da saída do ligamento na articulação. Os enxertos mais usados na reconstrução do ligamento no joelho são o 1/3 central do tendão patelar com suas inserções ósseas e os tendões dos músculos ísquio tibiais ou tendões flexores em sua configuração quádrupla.² Independentemente do tipo de enxerto tendinoso obtido, um dos problemas para o cirurgião é o adequado preparo do tendão. Uma sutura adequadamente resistente permite,

no momento da fixação, níveis tensionais suficientes para promover as melhores condições de incorporação do enxerto ao osso hospedeiro.

Entretanto, não existe um método de preparo padrão ou um consenso sobre a melhor técnica. Há provavelmente tantas técnicas de preparação do enxerto como existem cirurgiões que fazem a cirurgia de reconstrução do LCA.³ Pontos tipo Whipstitch, Whipknot, Prusik Knot, Kessler, Crisscross, Bunnell, Baseball Stitch, ponto tipo “loop” pré-fabricado (Fiber loop) sem bloqueio e com bloqueio e Krackow são usados e descritos como técnicas.^{3,4}

O objetivo do presente estudo é o de avaliar e comparar o comportamento biomecânico de duas diferentes configurações de sutura submetidas a ensaios em máquina de tração: 1) ponto em “X”; 2) ponto em “Laçada”, preparados em tendões extensores digitais comuns bovinos, que podem substituir os tendões flexores humanos em estudos experimentais em ensaios de tração.⁵

Material e método

Dez tendões extensores digitais comuns de bovinos, da raça nelore, frescos, foram adquiridos em uma empresa especializada no abate e comércio de carne bovina. Obteve-se para extração a parte distal do membro anterior do bovino. A média de idade dos animais era de dois anos.

Cada tendão foi dividido, formando um par num total de 20 tendões e simulando os tendões flexores, grácil e semitendíneo do joelho humano.⁵ Os pares foram divididos em dois grupos de dez tendões e deixados todos com 20 cm de comprimento.

O primeiro grupo, definido como configuração em “X”, foi preparado com fio agulhado de poliéster, sintético, trançado número 5 (*Ethibond*®). A sutura foi iniciada na porção distal do enxerto em uma das margens com pontos transfixantes em toda a substância do tendão, com espaçamento entre os pontos de 7,5 mm até alcançar 3 cm distal ao início da sutura, retornando a sutura da mesma maneira pela mesma margem do início da sutura, transfixando o tendão nos espaços livres, intercalando os pontos e cruzando a sutura em configuração “X”. O mesmo procedimento foi feito na outra extremidade do tendão (Figs. 1 e 2).

O segundo grupo, definido como ponto em configuração “Laçada”, foi preparado com o mesmo tipo de fio agulhado de poliéster, sintético, trançado número 5 (*Ethibond*®). Entretanto, a agulha foi retirada para uso somente do fio, que foi montado de maneira dupla em uma agulha avulsa formando um laço (Fig. 3). A extremidade do enxerto foi introduzida no laço, posicionando a agulha superiormente. Os pontos foram iniciados transfixando o enxerto da face superior para inferior em cada ponto. Iniciou-se a sutura a 3 cm do término do enxerto por meio de laçadas e pontos transfixantes em toda a substância do tendão, com espaçamento entre os pontos de 7,5 mm (Figs. 4 e 5). O que também era feito na outra extremidade.

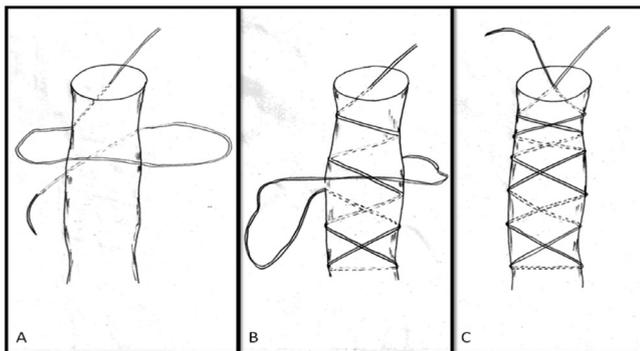


Fig. 1 – (A) Início do preparo do ponto em configuração em “X” na porção distal do tendão com pontos transfixantes em toda a substância e espaçamento entre os pontos de 7,5 mm. **(B)** Retornando a sutura da mesma maneira, transfixando o tendão nos espaços livres. **(C)** Ponto em configuração em “X” já pronto.

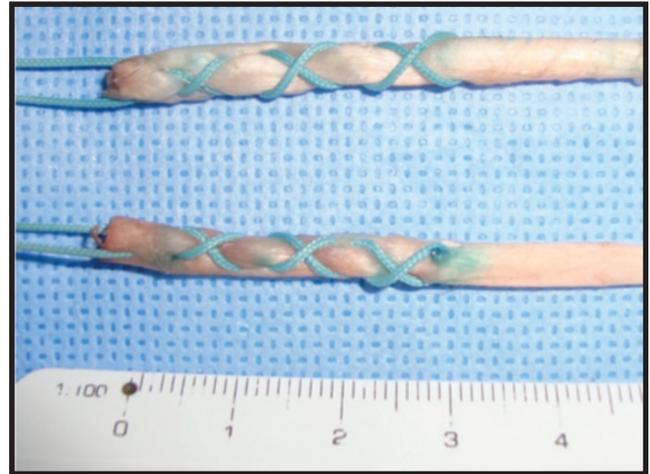


Fig. 2 – Tendões preparados em ponto “X”.

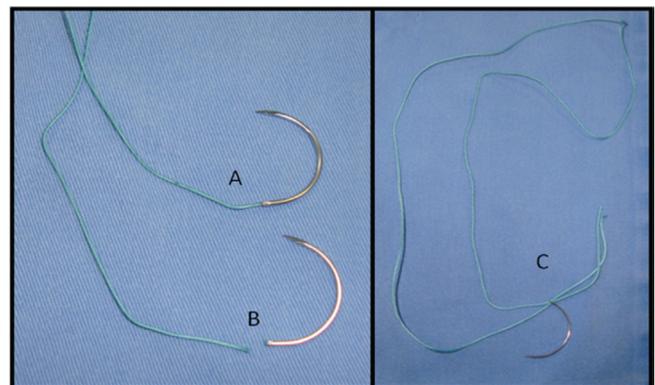


Fig. 3 – (A) Fio agulhado de poliéster, sintético, trançado número cinco. **(B)** Agulha separada do fio. **(C)** Fio de poliéster, sintético, trançado número cinco, passado de maneira dupla em uma agulha avulsa.

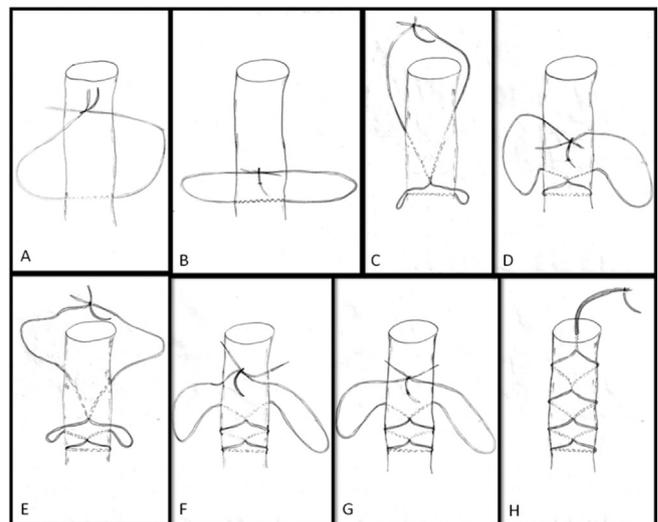


Fig. 4 – (A) Início do preparo do ponto com configuração em “laçada”, laçando o tendão a 3 cm proximais ao término do enxerto. **(B)** Primeiro ponto transfixando o enxerto nessa região **(C, D, E, F, G)**, laçadas do tendão e ponto transfixando o tendão com espaçamento de 7,5 mm. **(F)** Ponto com configuração em “laçada” já pronto.



Fig. 5 – Tendão preparado com ponto em “Laçada”.

Todos os tendões previamente preparados (Fig. 6) foram dobrados ao meio sobre um fio Ethibond® número 5, tipo a cavaleiro. Nessa configuração dupla eles foram denominados “Corpos de Prova”, ficaram com um comprimento de 10 cm e foram mantidos em uma tensão de 20 N (Fig. 7).

Cada “Corpo de Prova” era envolvido por uma pasta de alginato (Alginato Jeltrade Tipo II Presa Normal), que, após alguns segundos, ficava com consistência de borracha. O tendão era retirado, mantendo a impressão do “Corpo de Prova” no alginato como um molde. Esse molde era seccionado transversalmente.

As secções geradas pelo molde de alginato eram digitalizadas com resolução de 600 dpi por digitalizador HP J5780®.

As áreas de secção transversal dos moldes eram medidas com auxílio do programa Image-Pro Plus®, que, por meio das imagens digitalizadas, tem a capacidade de fornecer uma medida de área de secção transversa.⁶

O grupo dos tendões com sutura em “X” e o grupo dos tendões com sutura em “Laçada” foram embalados separadamente e etiquetados para distinguir o modo de sutura e levados no mesmo dia ao Departamento de Mecânica da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), onde foram adaptados em uma máquina de tração universal hidráulica MTS 810.

As forças máximas e as resultantes de força versus deslocamento foram obtidas com uma célula de carga modelo 661.19 F-02 com capacidade para 10 KN da MTS Systems Corporation e velocidade de ensaio de 20 mm/min.



Fig. 6 – Ponto em “X” e ponto em “Laçada”.



Fig. 7 – Corpo de prova.

Cada “Corpo de Prova” foi instalado na máquina a cavaleiro em uma barra de aço com 6,35 mm de diâmetro no topo da máquina. Os fios usados para sutura das extremidades de cada “Corpo de Prova” foram fixados na base da máquina com auxílio de uma pinça hemostática cirúrgica, da mesma forma que a usada na cirurgia de reconstrução do LCA para manter a tensão quando se fixa o enxerto no túnel tibial. Mantendo-se o mesmo tamanho do fio, entre o fim do tendão e a pinça, em 15 cm em todos os testes (Figs. 8 e 9).

Para análise estatística testou-se a normalidade dos dados com o teste Shapiro-Wilk. Os valores discrepantes ou outliers foram identificados pelo gráfico *Boxplot* e após fez-se o teste T para amostras independentes, considerando $p < 0,05$. Na análise estatística usou-se software SPSS17 para Windows.



Fig. 8 – Corpo de prova posicionado na máquina de tração em cavaleiro.

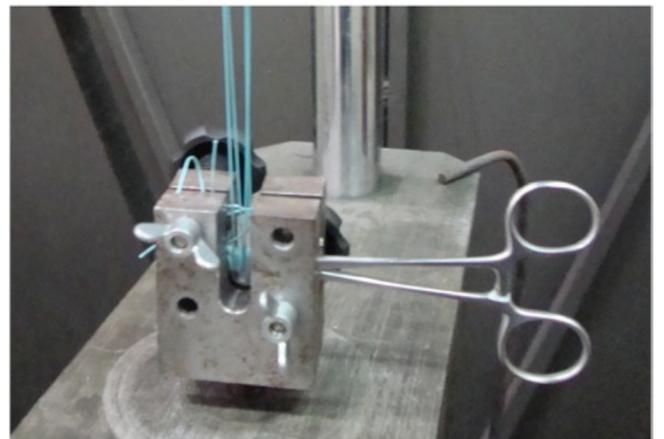


Figura 9 – Corpo de prova posicionado na máquina de tração com os fios usados para sutura das extremidades presos em uma pinça hemostática cirúrgica.

Resultados

O ponto em “Laçada” apresentou uma média de Força Máxima de 444,45 N. O ponto em “X” uma média de Força Máxima de 407,59 N. O teste de normalidade Shapiro-Wilk demonstrou que os grupos pontos em “Laçada” e pontos em “X” possuem distribuição compatível com a normal em relação à Força Máxima. O Teste T para amostras independentes demonstrou, depois da retirada de 3 outlier, que a diferença entre a Força Máxima dos grupos apresenta diferenças estatísticas significantes, com $p = 0,030$.

A média da área de secção transversa foi 16,2 mm² no ponto em “Laçada” e 16,08 mm² no ponto em “X”. Não houve diferença estatística significativa entre os dois grupos, com $p = 0,283$.

A rigidez média do ponto em “Laçada” foi de 11,570 N/mm e no ponto em “X” foi de 11,804 N/mm. A diferença entre os dois grupos não foi significativa, com $p = 0,350$.

O teste de normalidade Shapiro-Wilk demonstrou que os grupos pontos em “Laçada” e pontos em “X” possuem distribuição compatível com a normal em relação à Tensão. A Tensão média obtida no ponto em “Laçada” foi de 27,67 MPa e no ponto em “X” foi de 25,73 MPa. A diferença estatística entre os dois grupos, depois da retirada do outlier, foi significativa, com $p = 0,036$. Os dados obtidos para os “Corpos de Provas” com pontos em “X” estão na Tabela 1. Os dados obtidos para os “Corpos de Provas” com pontos em “Laçada” estão na Tabela 2.

As falhas dos testes de Força Máxima ocorreram na porção proximal do complexo fio tendão (Fig. 10).

Tabela 1 - Resultados dos corpos de prova no ponto em configuração em “X” (N = 10).

	Ao (mm ²)	Força(N)	Rigidez (N/mm)	σ (MPa)
Média	16,08	407,59	11,804	25,73
DP	3,25	63,37	3,631	3,62
Mínimo	11,7	295,52	3,087	18,59
Máximo	23,4	517,24	16,476	30,4

N: Número de testes, Ao: Área de secção transversa, σ : tensão.

Tabela 2 - Resultados dos corpos de prova no ponto em configuração em “LAÇADA” (N = 10).

	Ao (mm ²)	Força(N)	Rigidez (N/mm)	σ (MPa)
Média	16,2	444,45	11,57	27,67
DP	2,69	94,06	3,287	5,17
Mínimo	13,5	257,94	7,341	14,82
Máximo	22,3	600,68	18,372	33,47

N: Número de testes, Ao: Área de secção transversa, σ : tensão.



Fig. 10 – Região de falha na sutura no ensaio de tração.

Discussão

A reconstrução do ligamento cruzado anterior é uma das cirurgias mais feitas no joelho. Nas últimas décadas, o conhecimento e o aperfeiçoamento das técnicas e dos materiais têm avançado. A grande maioria dos estudos para o aperfeiçoamento se baseia na melhoria dos métodos de fixação dos enxertos, na escolha dos enxertos e no desenvolvimento de técnicas de reconstrução que permitam a reestruturação da biomecânica anterior à lesão do LCA no joelho.

Muitos detalhes dentro da reconstrução ainda precisam ser avaliados e aprimorados. Sabe-se pouco sobre a melhor maneira de preparar os enxertos e como esse preparo pode influenciar os resultados finais da reconstrução.

O preparo dos enxertos dos tendões flexores com pontos em “X” e em “Laçada” são muito usados. Entretanto, na literatura mundial pouco se encontra para embasar o uso. Alguns autores defendem o ponto em Krackow, bem como o ponto tipo “loop” pré-fabricado (Fiber loop) com bloqueio.⁴ Outros adotam como método de escolha o ponto tipo Whipstitch e sutura em Crisscrosses.⁷

O ponto em “X” é um ponto que se assemelha ao Crisscrosses, porém ele sutura o enxerto sem unir as suas pontas, prepara cada ponta do enxerto individualmente, o que difere do Crisscrosses. O ponto em “X” sutura o enxerto de uma forma que é de fácil reprodução, execução e que raramente produz cortes na região aplicada ou divisões dos bordos do enxerto. O ponto em “Laçada”, que foi desenvolvido simulando um ponto loop pré-fabricado (Fiber loop), é usado por ser econômico, por empregar materiais de fácil obtenção e aquisição nos serviços de saúde, tanto público quanto privado, e por permitir os mesmos princípios do Fiber loop, que são a fácil e rápida aplicação no preparo do enxerto.

A escolha dos tendões extensores comuns digitais de bovinos para o experimento teve base nos estudos que compararam as propriedades entre esses e os tendões flexores do joelho humano,⁵ demonstrando que os enxertos de tendões extensores comuns digitais bovinos podem substituir os tendões flexores em ensaios de tração; outro fator na escolha foi a possibilidade de obter os tendões frescos e fazer os testes de tração no mesmo período do dia de sua extração; evitando alterações como as que ocorrem no módulo de elasticidade dos tendões quando eles são armazenados com congelamento⁸ ou em formalina, que endurecem o tecido.⁹

Os dados de Força Máxima de Ruptura e Tensão obtidos para os “Corpos de Prova”, quando distribuídos no gráfico de *Boxplot*, mostraram a presença de valores discrepantes *outlier*, que foram eliminados conforme análise estatística. O uso do método *Boxplot* para determinação dos dados discrepantes foi motivado pelo fato de ser bastante empregado, fácil de usar e de maior precisão para detecção de observações verdadeiramente atípicas.

O ponto em “Laçada” apresentou uma média de Força Máxima de ruptura maior do que o do ponto em “X”, com diferenças estatísticas significantes ($p = 0,030$). Quando a opção de preparo dos enxertos com fio de *Ethibond*® nº 5 for o ponto em “Laçada” ou o ponto em “X”, considerando somente a média da Força Máxima de ruptura, o uso do ponto em “Laçada” é o mais recomendado. Contudo, considerando somente a força de tensão necessária de 60 a 140 N no enxerto no momento de sua fixação,¹⁰ ambos os modos de preparos são adequados, mesmo considerando o valor mínimo de Força Máxima de ruptura, que no ponto em “X” foi de 295,52 N e no ponto em “Laçada” foi de 257,94 N. Ambos os pontos são suficientes para suportar no momento da cirurgia as forças de tensões recomendadas no enxerto durante sua fixação na região receptora do fêmur e da tíbia.

Com o avanço da técnica de reconstrução em dupla banda, o preparo dos tendões flexores ganhou um aspecto mecânico importante. Quando se faz a reconstrução em uma única banda, o uso dos enxertos flexores ocorre em forma dupla para Semitendíneo e para o Grácil, que, unidos, configuram um arranjo quádruplo no qual são posicionados em um único túnel no fêmur e na tíbia. Além disso, são fixados nessa posição como uma única estrutura, e não isoladamente para cada tendão. Todavia, quando se faz a técnica em dupla banda, usam-se os enxertos de Semitendíneo de forma dupla para simular uns dos feixes e o Grácil de forma dupla para simular o outro feixe, sendo necessários para isso dois túneis no fêmur e dois túneis na tíbia e fixação independente para cada enxerto em cada túnel. O uso da configuração dos “Corpos de Prova” de forma dupla para fazer o estudo nos permite dizer que isoladamente a média da Força Máxima para ruptura dos dois tipos de pontos no preparo dos tendões (444,45 N no “Laçada” e 407,59 N no “X”) é insuficiente para permitir os protocolos modernos de reabilitação no pós-operatório da reconstrução do LCA, quando se usa somente a fixação indireta ou Tipo Poste, na qual os fios da sutura do preparo são usados para fixar o enxerto. Lembrando que nas primeiras seis semanas de pós-operatório a fixação do enxerto tem de resistir a cargas mecânicas de atividade diárias estimadas em até 454 N.¹¹

O valor da média da secção transversa dos grupos de “Corpos de Prova” do ponto em “Laçada” e do em “X” para o experimento não apresentaram diferença estatística, o que permitiu a melhor comparação entre os dois grupos.

A Tensão máxima média obtida antes da ruptura acompanhou a média da força máxima de ruptura. O ponto em “Laçada” obteve valores médios de Tensão antes da ruptura 7,01% maiores do que os obtidos pelo ponto em “X”, com diferença estatística significativa ($p = 0,036$). Na reconstrução do LCA, a opção de configuração quádrupla do enxerto flexores aumenta a área de secção transversal dos corpos de prova e a capacidade de suportar a Tensão.

A rigidez obtida nos dois tipos de preparo dos enxertos não mostrou diferenças estatísticas, com 11,804 N/mm no ponto em “X” e 11,57 N/mm no ponto em “Laçada”, ao comparar-se com a rigidez do ligamento cruzado anterior de 242 N/mm. Ambos os preparos ficam muito abaixo da rigidez dessa estrutura. Quando se compara com a rigidez do sistema de configuração em uma única dobra de grácil 336 N/mm e uma única dobra de semitendíneo 469 N/m, a rigidez dos “Corpos de Prova” é trinta a quarenta vezes menor. O que demonstra que o preparo ou o complexo fio, sutura e enxerto é o elo que enfraquece a rigidez dos enxertos, o mesmo observado por Hamner *et al.*¹²

Conclusão

Baseado no modelo experimental feito, a configuração de sutura em “Laçada” apresentou um comportamento biomecânico superior à configuração em “X”, considerando a Força Máxima e a Tensão, e que ambas estão validadas para suportar as tensões recomendadas no enxerto no momento de sua fixação na reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Conflitos de interesse

Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na feita deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Beynonn BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries. Part I. *Am J Sports Med.* 2005;33(10):1579-602.
2. Fu FH, Bennett CH, Ma CB, Menetrey J, Lattermann C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II. Operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med.* 2000;28(1):124-30.
3. Charlick DA, Caborn DN. Technical note: alternative soft-tissue graft preparation technique for cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2000;16(8):E20.
4. White KL, Camire LM, Parks BG, Corey WS, Hinton RY. Krackow locking stitch versus locking premanufactured loop stitch for soft-tissue fixation: a biomechanical study. *Arthroscopy.* 2010;26(12):1662-6.

5. Donahue TLH, Gregersen C, Hull ML, Howell SM. Comparison of viscoelastic, structural, and material properties of double-looped anterior cruciate ligament grafts made from bovine digital extensor and human hamstring tendons. *J Biomech Eng.* 2001;123(2):162.
6. Stieven Filho E, Malafaia O, Ribas-Filho JM, Diniz OE dos S, Borges PC, Albano M, et al. Análise biomecânica da solidarização de tendões para reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Rev Col Bras Cir.* 2010;37(1):52-7.
7. Howell SM, Goi-flieb JE. Endoscopic fixation of a double-looped semitendinosus and gracilis anterior cruciate ligament graft using bone mulch screw. *Oper Tech Orthop.* 1996;6(3):152-160.
8. Matthews LS, Ellis D. Viscoelastic properties of cat tendon: effects of time after death and preservation by freezing. *J Biomech.* 1968;1(2):65-71.
9. Krappinger D, Kralinger FS, El Attal R, Hackl W, Haid C. Modified Prusik knot versus whipstitch technique for soft tissue fixation in anterior cruciate ligament reconstruction: a biomechanical analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007;15(4):418-23.
10. Fleming BC, Abate JA, Peura GD, Beynonn BD. The relationship between graft tensioning and the anterior-posterior laxity in the anterior cruciate ligament reconstructed goat knee. *J Orthop Res.* 2001;19(5):841-4.
11. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(3):344-52.
12. Hamner DL, Brown CH, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(4):549-57.