

ANÁLISE BIOMECÂNICA E HISTOLÓGICA DE TENDÕES FLEXORES REPARADOS EM COELHOS USANDO TRÊS TÉCNICAS DE SUTURA (QUATRO E SEIS PASSADAS) COM MOBILIZAÇÃO ATIVA PRECOCE

BIOMECHANICS AND HISTOLOGICAL ANALYSIS IN RABBIT FLEXOR TENDONS REPAIRED USING THREE SUTURE TECHNIQUES (FOUR AND SIX STANDS) WITH EARLY ACTIVE MOBILIZATION

Antônio Lourenço Severo¹, Rodrigo Arenhart², Daniela Silveira³, Aluísio Otávio Vargas Ávila⁴, Francisco José Berral⁵, Marcelo Barreto Lemos⁶, Paulo César Faia Piluski⁶, Osvandré Luís Canfield Lech⁷, Walter Yoshinori Fukushima⁸

RESUMO

Objetivo: Analisar o tempo das suturas, a biomecânica (deformidade entre os cotos tendíneos) e a histologia dos três grupos de reparo cirúrgico tendíneo: Brasil-2 (quatro passadas), com técnica de sutura central em que o nó final se encontra fora do tendão; Indiana (quatro passadas); e Tsai (seis passadas), com técnicas de sutura central em que o nó final se encontra no interior do tendão reparado, associados de mobilização ativa precoce. **Métodos:** O tendão calcâneo direito de 36 coelhos da raça *New Zealand* foi escolhido para a análise. Este apresenta calibre semelhante ao tendão flexor humano, o qual tem aproximadamente 4,5mm (variando 2mm para mais ou menos). A amostra selecionada apresentava a mesma massa (2,5 a 3kg) e eram adultos machos ou fêmeas (a partir de 8½ meses de idade). **Resultados:** Na análise biomecânica, não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,01$). Não houve diferença estatística com relação ao tempo cirúrgico na realização das três técnicas de suturas ($p > 0,01$). Evidenciou-se, qualitativamente e quantitativamente, com a mobilidade ativa precoce, um espessamento da fibra de colágeno em 38,9% dentro do 15º dia e de 66,7% dentro do período do 30º dia ($p = 0,095$). **Conclusão:** Esta investigação serviu para demonstrar que não houve diferença histológica do nó final da sutura central dentro ou fora do tendão reparado, bem como o número de passadas, no que diz respeito à cicatrização, vascularização ou deformidade do tendão no túnel osteofibroso com as técnicas de reparo aplicadas, associados de mobilização ativa precoce.

Descritores – Sutura; Tendão do Calcâneo; Cicatrização

ABSTRACT

Objective: analyzing suture time, biomechanics (deformity between the stumps) and the histology of three groups of tendinous surgical repair: Brazil-2 (4-strands) which the end knot (core) is located outside the tendon, Indiana (4-strands) and Tsai (6-strands) with sutures technique which the end knot (core) is inner of the tendon, associated with early active mobilization. **Methods:** the right calcaneal tendons of 36 rabbits of the New Zealand breed were used in the analysis. This sample presents similar size to human flexor tendon that has approximately 4.5 mm (varying from 2mm). The selected sample showed the same mass (2.5 to 3kg) and were male or female adults (from 8 ½ months). **Results:** in the biomechanical analysis, there was no statistically significant difference ($p > 0.01$). There was no statistical difference in relation to surgical time in all three suture techniques ($p > 0.01$). With the early active mobility, there was qualitative and quantitative evidence of thickening of collagen in 38.9% on the 15th day and in 66.7% on the 30th day, making the biological tissue stronger and more resistant ($p = 0.095$). **Conclusion:** this study demonstrated that there was no histological difference between the results achieved with an inside or outside end knot with respect to the repaired tendon and the number of strands did not affect healing, vascularization or sliding of the tendon in the osteofibrous tunnel, which are associated with early active mobility, with the repair techniques applied.

Keywords – Suture; Calcaneal Tendon; Wound Healing

1 – Médico; Mestre em Biomecânica do Núcleo de Cirurgia do Membro Superior do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) – Passo Fundo, RS.

2 – Professor Mestre em Biomecânica da Universidade Regional Integrada (URI) – Erechim, RS, Brasil.

3 – Professor Mestre em Patologia Clínica da Universidade de Passo Fundo (UPF) – Passo Fundo, RS, Brasil.

4 – Professor Doutor do Laboratório de Biomecânica da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC) – Florianópolis, SC, Brasil.

5 – Professor Doutor; Diretor do Departamento de Deporte e Informática da Universidade Pablo de Olavide (UPO) – Sevilha, Espanha.

6 – Médico do Núcleo de Cirurgia do Membro Superior do IOT – Passo Fundo, RS.

7 – Chefe da Residência Médica do IOT – Passo Fundo, RS, Brasil.

8 – Professor Doutor da Faculdade de Medicina do ABC Paulista (FMABC) – Santo André, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia de Passo Fundo (IOT-RS).

Correspondência: Rua Uruguai, 2.050 – 99010-112 – Passo fundo, RS. E-mail: al.severo@terra.com.br

Trabalho recebido para publicação: 21/02/2010, aceito para publicação: 12/07/2011.

Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na realização deste trabalho / The authors declare that there was no conflict of interest in conducting this work

Este artigo está disponível online nas versões Português e Inglês nos sites: www.rbo.org.br e www.scielo.br/rbort
This article is available online in Portuguese and English at the websites: www.rbo.org.br and www.scielo.br/rbort

INTRODUÇÃO

As técnicas atuais de reparo em tendões flexores consistem de múltiplas suturas (passadas) no interior e fora (circunferência) do tendão. As suturas estão desenhadas para manterem o estresse produzido pela mobilidade ativa, em especial quando se inicia precocemente. A mobilidade ativa produz tensão e ação, oferecendo vantagens sobre a mobilidade passiva, os quais são: melhoramento da nutrição, diminuição de aderências, facilitação da cicatrização e aumento da força no local da reparação, sem que ocorra a rerruptura⁽¹⁻⁷⁾.

Protocolos de reabilitação nos tratamentos de pós-operatórios de sutura em tendões flexores da mão que preconizam mobilização passiva imediata foram fundamentados nas décadas de 1960, 1970 e 1980. Mas nos anos 90 e 2000 vários estudos clínicos têm preconizado mobilidade ativa precoce com bons resultados e baixas taxas de rerruptura⁽⁸⁻¹³⁾.

A presente pesquisa tem como fundamento um estudo experimental em coelhos. Por intermédio da bibliografia se encontrou trabalhos com diversos protocolos de investigação em que foram aplicados modelos em cadáveres e animais como: porcos, cachorros e coelhos, e materiais de sutura (náilon, Mersilene, Ethibond, dácron e aço)⁽¹⁴⁻²²⁾. Apesar da diversidade de investigação experimental em animais, a maior quantidade de pesquisa foi encontrada em cadáveres. Portanto, a grande limitação dos testes biomecânicos em modelos de mão em cadáveres humanos resulta em uma informação de estado pós-reparo imediato; isto não pode simular as condições da cicatrização. Por esta razão, a ocorrência de rupturas, deformidades (afastamentos) e aderências, usualmente, acontecem dias ou semanas depois da cirurgia; estes efeitos dos reparos somente podem ser simulados e extrapolados com modelos animais *in vivo*⁽³⁾.

Esta pesquisa, baseada na resolução 714 do Conselho Regional de Medicina Veterinária, SC, Brasil e na Lei Federal nº 9.605, de fevereiro de 1998, para utilização de animais em estudos experimentais, tem como objetivo analisar a biomecânica (deformidade dos cotos tendíneos), tempo de reparo e a histologia dos três grupos de sutura: Brasil-2 (quatro passadas)⁽²³⁾ com o nó final da sutura central situado fora do reparo tendíneo, Indiana (quatro passadas)⁽²⁴⁾ e Tsai (seis passadas)⁽²⁵⁾ com os nós finais da sutura central localizados no interior do reparo tendíneo, onde os tendões calcâneos (flexores plantares das patas traseiras) dos coelhos foram tomados como estudo experimental, associados de mobilização ativa precoce (MAP).

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho experimental

A amostra foi do tipo não aleatório por arbitragem, em virtude da proximidade com as características e propriedades do tecido animal selecionado com o tecido humano. Totalizando 36 coelhos da raça *New Zealand (Oryctolagus cuniculus)*, adultos machos ou fêmeas de 8½ meses de idade, todos com a mesma massa variando entre 2,5 a 3kg. O tendão calcâneo (flexor plantar da pata traseira) direito foi o escolhido para a análise. Este apresenta calibre semelhante ao tendão flexor humano, que possui um diâmetro de aproximadamente 4,5mm (variando 2mm para mais ou menos). Nos tendões flexores das patas foram usadas técnicas estéreis e conduzidas de acordo com Comitê de Ética na Experimentação Animal (CETEA) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), cidade de Lages, Brasil (protocolo nº 1.33.09). O provedor desses animais contempla as necessidades e cuidados adequados em relação à criação e saúde dos mesmos, apresentando licença para tal de número 0581039548, autorizado e fiscalizado pelo Ministério da Agricultura do Rio Grande do Sul, Brasil.

Os 36 tendões foram divididos em três grupos de sutura: Brasil-2 (quatro passadas)⁽²³⁾ sutura central com o nó final situado fora do reparo tendíneo, Indiana (quatro passadas)⁽²⁴⁾ e Tsai (seis passadas)⁽²⁵⁾ com suturas centrais em que os nós finais ficam localizados no interior do reparo tendíneo. Nos seis coelhos de cada grupo experimental foi praticada a eutanásia, para que os tendões pudessem ser analisados em sua histologia e biomecânica (deformidade dos cotos tendíneos), nas respectivas datas: 15º e 30º dia (Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição da amostra em cada grupo de investigação (Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia – Passo Fundo, RS, Brasil).

Dia	Técnicas de sutura			Total
	GI – Brasil-2 (D)	GII – Indiana (D)	GIII – Tsai (D)	
15º*	6 tendões	6 tendões	6 tendões	
30º*	6 tendões	6 tendões	6 tendões	36

D: pata direita.

*: Eutanásia dos coelhos para análise histológica e mensuração da deformidade (afastamento) dos cotos tendíneos.

Procedimentos para coletar os dados

Todos os procedimentos foram realizados de maneira estéril semelhante ao trabalho de Kusano *et al*⁽¹⁴⁾, em que cada animal foi anestesiado com injeção intramuscular de cloridrato de cetamina (50mg/kg) e complementação local com cloridrato de lidocaína 2% sem vasoconstritor, sempre na face externa da pata traseira direita. Também um antibiótico de cefazolina 300mg foi adicionado por profilaxia

para evitar infecções. Então, uma incisão longitudinal de 6cm foi estendida de forma proximal a distal, desde o joelho até o tornozelo. O retináculo dos flexores e o túnel osteofibroso foram abertos longitudinalmente para expor o tendão calcâneo (flexor plantar da pata traseira). Neste momento o tendão foi seccionado totalmente no sentido transverso e reparado com uma das três técnicas de suturas: quatro passadas (Brasil-2) ou quatro passadas (Indiana) ou seis passadas (Tsai)⁽²⁵⁾. Todas as suturas centrais foram feitas com náilon 4.0 e a peritendínea com náilon 5.0. No pós-operatório, uma imobilização com gesso (bota) abaixo do joelho até o pé, deixando dedos livres, foi aplicada, onde o tornozelo foi imobilizado a 90°. Esta imobilização protegeu a ferida operatória das extremidades, pois são animais roedores de difícil controle. A imobilização não foi removida e tampouco repostada caso o animal viesse roê-la ou perdê-la. Os animais foram postos em gaiolas de 80 x 60 x 60cm³ com uma divisória ao meio para que dois coelhos pudessem utilizá-la, deambular, evitando conflito entre eles. Água destilada e ração própria para os coelhos foram provisionados (Figuras 1 e 2).

Deformidade entre os cotos tendíneos (teste biomecânico)

A marcha dentro da metade de uma jaula de 80 x 60 x 60cm³ com a imobilização de gesso para proteção da ferida começou imediatamente depois da cirurgia, sendo denominado movimento ativo precoce (MAP). Os animais deambulavam livremente, suportando a própria carga (massa de seu corpo) com média de 2,5 a 3kg. A eutanásia foi realizada no 15° e 30° dia depois da data da sutura dos tendões, para que a medida de separação entre os cotos (deformidade) fosse mensurada com diagração em milímetros sob microscopia de 40x.

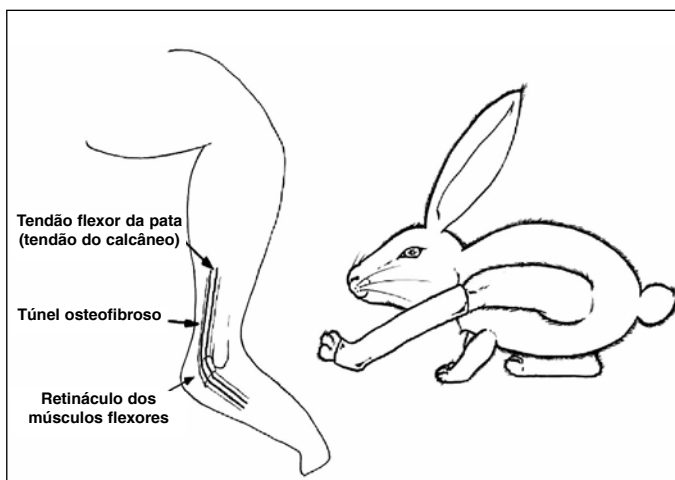


Figura 1 – Procedimento para coletar os dados, desenho esquemático da anatomia do coelho com imobilização da pata traseira para proteção da ferida⁽¹⁴⁾.

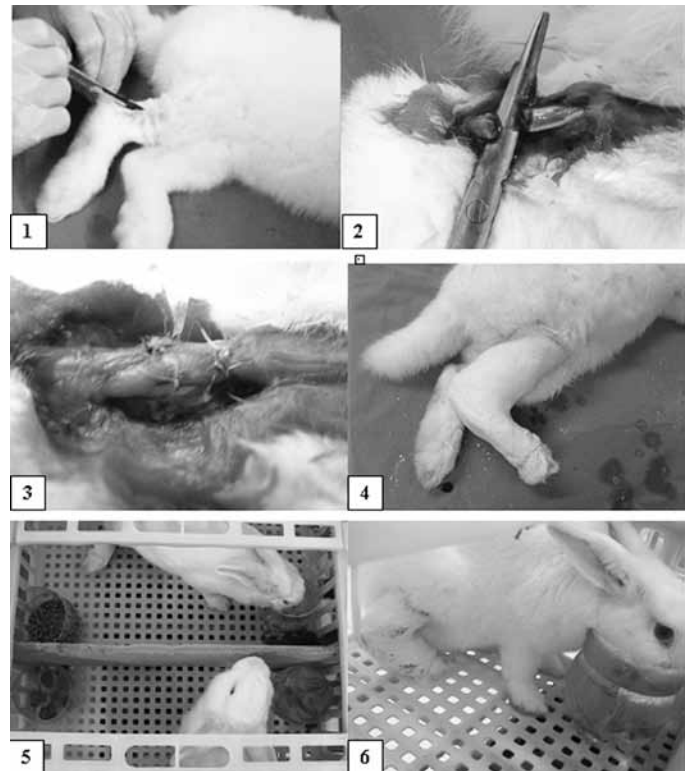


Figura 2 – 1) Incisão na pata traseira direita; 2) Tendão calcâneo (tendão flexor da pata traseira) seccionado; 3) Realização do reparo tendinoso; 4) Imobilização com gesso para proteção da ferida; 5) Jaula de 80 x 60 x 60cm³ com uma divisória; 6) Coelho bebendo e alimentando-se duas horas depois do procedimento.

Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

Tempo das suturas

O tempo da realização das três técnicas de suturas nos tendões flexores das patas traseiras (tendão calcâneo) dos coelhos foi analisado, sendo as mesmas realizadas por três cirurgiões seniores.

Análise histológica

A eutanásia em seis coelhos de cada grupo experimental foi realizada, para que os tendões pudessem ser analisados histologicamente, nas respectivas datas: 15° e 30° dia (Tabela 1). No estudo histológico, a unidade tendínea reparada foi incluída na parafina, em que foram feitos cortes de cinco micras (5μ) em sentido longitudinal e transverso. As lamínas foram visualizadas com 40x, 100x e 200x de aumento e coloridas com duas preparações: 1) tricrômio de Gomori (TG), que visualiza as fibras colágenas de verde e os fibroblastos de vermelho com núcleos escuros ou azuis; e 2) hematoxilina-eosina (HE), para observar melhor os núcleos e citoplasmas. Esses parâmetros, ou indicadores histológicos, foram realizados para demonstrar o comportamento da cicatrização do tendão com a mobilidade ativa precoce e o efeito cicatricial do nó final (central) com o túnel osteofibroso, estando este dentro ou fora do tendão de acordo com a técnica de sutura.

Eutanásia

Depois da sedação e hipnose do animal com midazolam 15mg, era aplicado halotano (inalação), resultando em parada cardiorrespiratória e óbito do mesmo; os tendões, então, eram retirados para análise histológica e biomecânica, sendo imediatamente embebidos em solução de formol tamponado a 10% em frascos individuais identificados. Os tendões não ultrapassaram um tempo de evolução pós-morte de 36 horas, período no qual os cadáveres eram mantidos em câmara frigorífica a 4°C. As carcaças foram enterradas em caixas de madeiras em local privado.

Tratamento dos dados

A investigação estatística foi realizada com o programa SPSS para *Windows* versão 10.0. A prova de distribuição de homogeneidade de Levene foi aplicada para que a análise de variação (ANOVA) com 1% de significância fosse realizada para a análise entre os três grupos de sutura. Para associar a técnica de sutura com o tempo depois da cirurgia sobre as características histológicas, o teste do Qui-quadrado de Pearson foi escolhido.

Métodos de sutura

O material utilizado foi o náilon 4.0 para a sutura central (núcleo), 5.0 para a sutura periférica contínua (epitendínea).

Sutura Brasil-2 (quatro passadas): o nó final da sutura central localiza-se por fora do reparo tendíneo (Figura 3)⁽²³⁾.

Sutura de Indiana ou Strickland (quatro passadas): os dois nós da sutura central (final) localizam-se dentro do reparo tendíneo (Figura 4)⁽²⁴⁾.

Sutura de Lim e Tsai⁽²⁵⁾ (seis passadas): os dois nós da sutura central (final) localizam-se dentro do reparo tendíneo. São usadas duas agulhas do tipo *loop* (Figura 5).

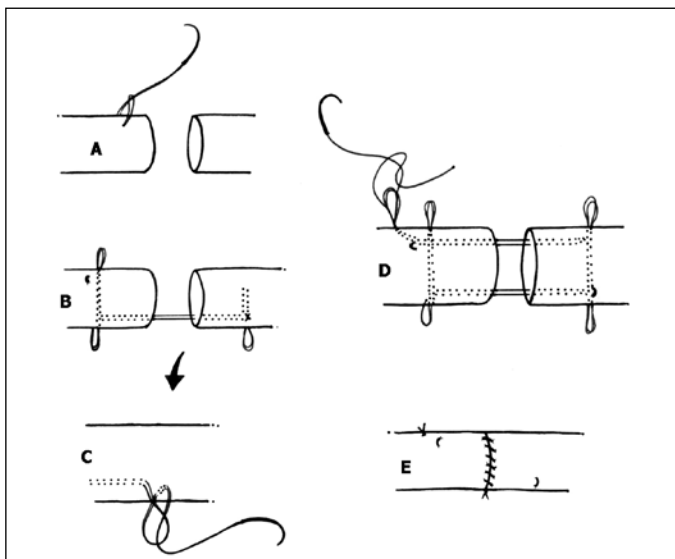


Figura 3 – Técnica de Brasil⁽²³⁾.

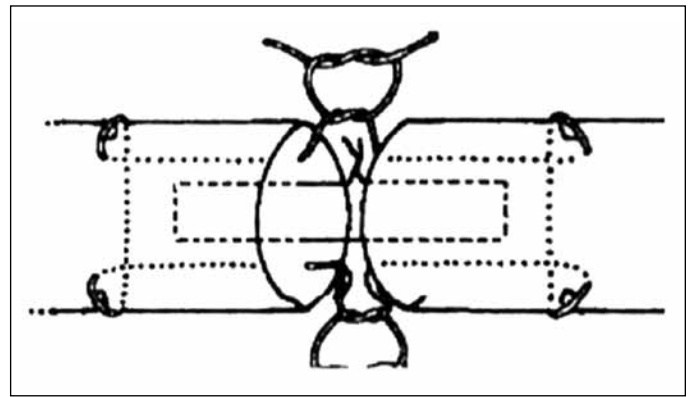


Figura 4 – Técnica de Indiana⁽²⁴⁾.

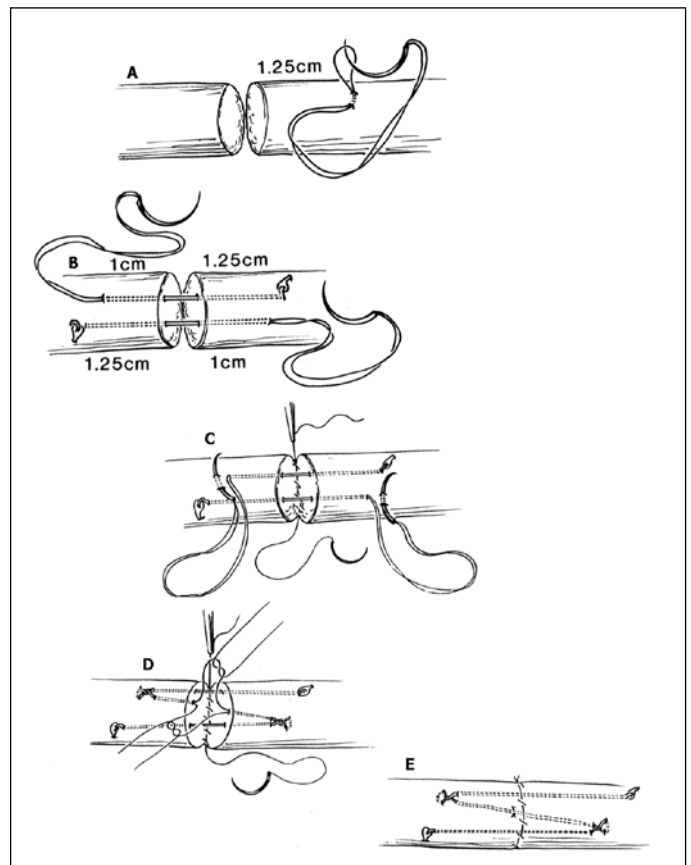


Figura 5 – Técnica de Tsai (Lim e Tsai, 1996)⁽²⁵⁾.

RESULTADOS

Deformidade entre os cotos tendíneos (teste biomecânico)

Nesta investigação, na qual a deformidade (afastamento) entre os cotos tendíneos, mensurados em milímetros sob magnificação de 40x de microscopia, foi encontrada na técnica de reparo Brasil-2 (quatro passadas) no 15º dia, duas suturas com afastamento de 25mm entre os cotos com poucas fibras de colágenos delgadas (finas) com muito tecido celular amorfo. Na técnica de re-

paro de Indiana (quatro passadas) no 15º dia, uma sutura com afastamento de 25mm entre os cotos e também com poucas fibras de colágenos delgadas com muito tecido celular amorfo. Ou seja, não se formou um tecido com característica tendínea, considera-se, logo, uma ruptura técnica destes. Na técnica de reparo Tsai (seis passadas) no 15º dia, o máximo de afastamento foi 17mm com fibras de colágenos grossas (espessas), demonstrando uma estruturação de tecido biológico forte. Todavia, não houve diferença estatisticamente significativa (ANOVA; $p > 0,01$) (Figura 6). Ainda se deve levar em conta que a marcha dos coelhos dentro da metade de uma jaula de 80 x 60 x 60cm³ com a imobilização de gesso para proteger a ferida começou imediatamente depois da cirurgia, sendo denominado movimento ativo precoce (MAP), em que os animais deambularam livremente, suportando a própria carga (massa de seu corpo) com média de 2,5 a 3kg.

Tempo das suturas

As três técnicas de suturas nos tendões flexores das patas traseiras (tendão calcâneo) dos coelhos foram realizadas, como já mencionado, por três cirurgiões sênior, em que o tempo da realização das mesmas foi analisado, e não houve diferença estatisticamente significativa (ANOVA; $p > 0,01$) (Figura 7).

Análise histológica

Evidenciou-se, qualitativamente e quantitativamente, o espessamento da fibra de colágeno em sete (38,9%) dos coelhos dentro do 15º dia e de 12 (66,7%) dentro do 30º dia ($p = 0,095$), tornando um tecido biológico mais forte e resistente. Sabendo-se que entre o período do 15º ao 30º dia as fibras começaram acomodar-se no sentido horizontal ao eixo do tendão reparado, e, assim, amadurecendo a cicatrização (Figuras 8, 9 e 10).

Em dois coelhos (33,3%) que receberam a técnica de sutura Brasil-2 (quatro passadas), houve predominância de fibras espessas (grossas) no 15º dia, o mesmo ocorrendo em outros quatro (66,7%) no 30º dia ($p = 0,248$). Em um coelho (16,7%) que recebeu a técnica de sutura Indiana (quatro passadas), obtivemos no 15º dia predominância de fibras espessas (grossas), o mesmo ocorrendo em outros quatro (66,7%) no 30º dia ($p = 0,079$). Já nos coelhos que receberam a técnica de sutura Tsai (seis passadas) obtivemos predominância de fibras espessas no 15º dia em quatro (66,7%) coelhos e no 30º dia em outros quatro (66,7%) ($p = 1,000$) (Tabela 2 e Figura 11).

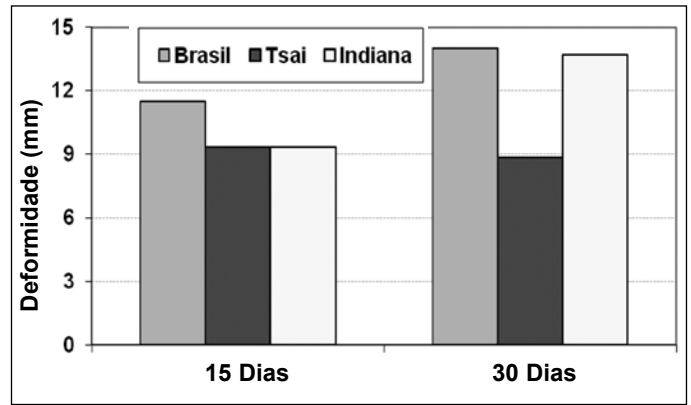


Figura 6 – Deformidade (afastamento) entre os cotos tendíneos, mensurados em milímetros entre o 15º e o 30º dia depois da cirurgia. Não houve diferença estatisticamente significativa (ANOVA; $p > 0,01$).

(Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil).

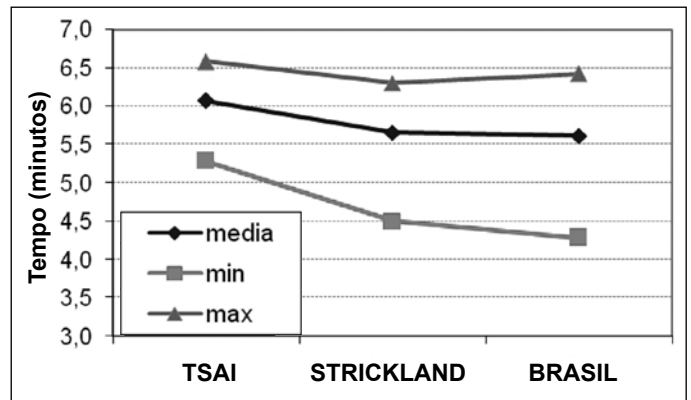


Figura 7 – Análise do tempo das suturas. Não houve diferença estatística significativa entre a realização das técnicas com média de 6,0 minutos para Tsai (seis passadas), 5,7 minutos para Indiana (quatro passadas) e 5,6 minutos para Brasil (quatro passadas), (ANOVA; $p > 0,01$).

(Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil).

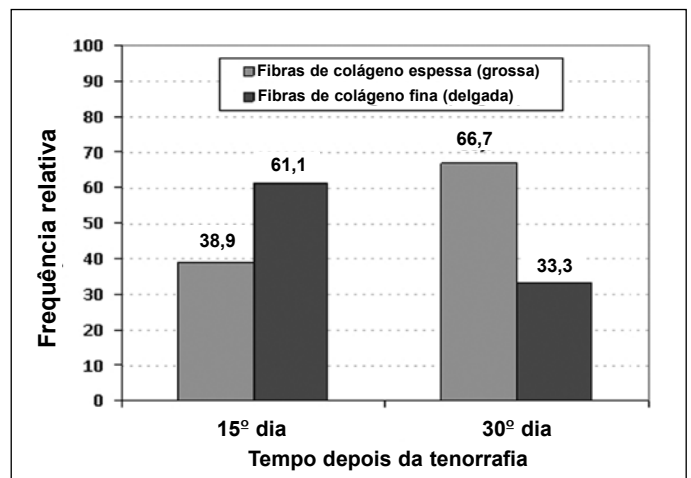


Figura 8 – Demonstração geral da frequência relativa do espessamento das fibras de colágeno em 38,9% dentro do 15º dia e de 66,7% dentro do 30º dia, tornando um tecido biológico mais forte e resistente ($p = 0,095$).

(Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil).

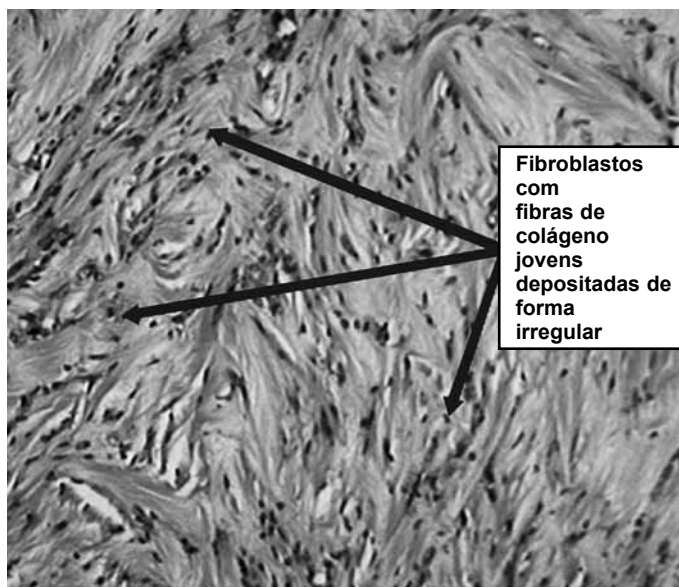


Figura 9 – Técnica de Tsai (seis passadas) no 15º dia, início da cicatrização, fibras de colágeno imaturas (100x).

Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

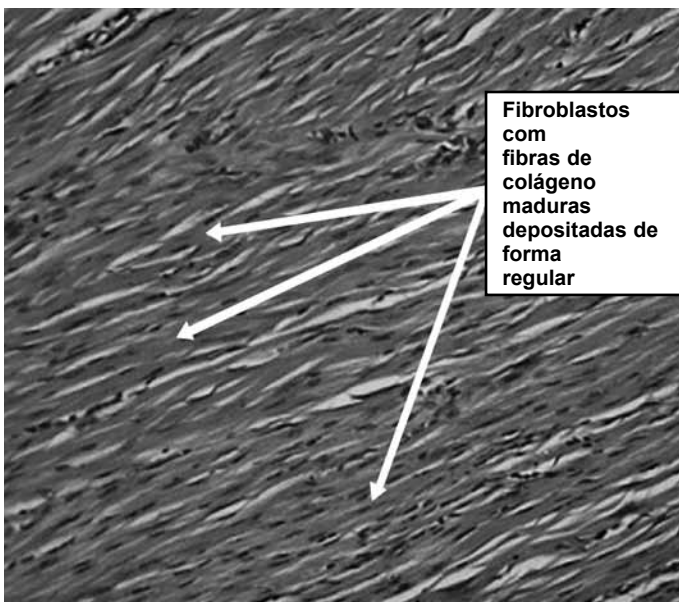


Figura 10 – Técnica de Tsai (seis passadas) no 30º dia, revelando a posição das fibras de colágeno maduras no mesmo sentido do eixo do tendão. Cicatrização ideal (100x).

(Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil).

Tabela 2 – Frequência absoluta e relativa de fibras de colágeno espessas (grossas) no 15º e no 30º dia, depois da aplicação das diferentes técnicas cirúrgicas.

Fibras espessas (Dia)	Técnica de sutura		
	Brasil-2	Indiana	Tsai
15º	2 (33,3%)	1 (16,7%)	4 (66,7%)
30º	4 (66,7%)	4 (66,7%)	4 (66,7%)

(Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia – Passo Fundo, RS, Brasil).

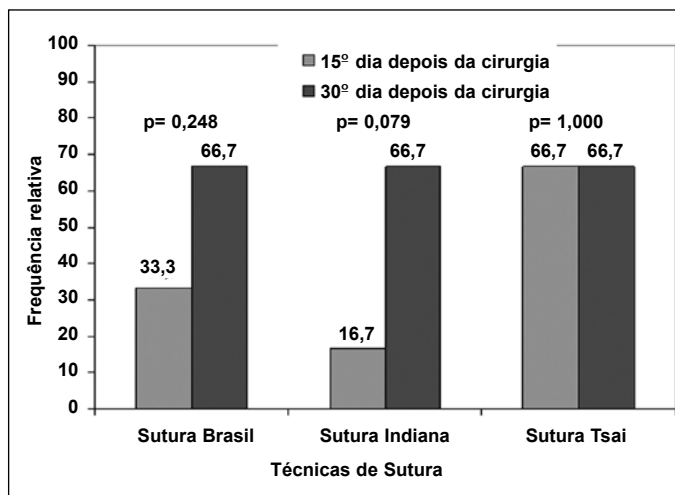


Figura 11 – Frequência relativa de fibras espessas no 15º dia e no 30º dia depois do procedimento cirúrgico das três diferentes técnicas de sutura.

Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

Não houve demonstração, qualitativa e quantitativa, de presença de calo de fibras de colágeno em 33 (91,7%) dos casos analisados histologicamente. Sendo assim, isto contestaria a presença de fricção demasiada do nó central final tendíneo que está fora do tendão reparado com o túnel osteofibroso, prejudicando o deslizamento do mesmo. Assim como a presença de nós ou passadas no interior do tendão aumentaria seu volume, prejudicando o deslizamento e a formação de fibras de colágeno. Mas houve presença de áreas de cálcio em 12 (33,3%) dos 36 tendões sem prejudicar o formato cilíndrico e a textura do tendão (Figura 12).

Dos seis (16,7%) tendões, dois (5,57%) ocorreram na sutura Brasil-2, três (8,35%) na Indiana e um (2,78%) na Tsai. Qualitativa e quantitativa, demonstraram supuração (necrose) somente na periferia tendínea, mas jamais no centro do tendão, o que quer dizer que o número de passadas ou o nó, ou os nós finais da sutura central não interferiram no processo de cicatrização do reparo tendíneo. Esta supuração representa a fase de aumento da fagocitose no 15º dia devido ao corte do tendão, começando a fase inflamatória, ou a presença de corpo estranho (fio de sutura) devido ao tecido de granulação com aumento de células gigantes ainda no 30º dia (Figuras 13 e 14).

Com referência de que o número de passadas ou nós finais das suturas centrais dentro do tendão reparado prejudicaria a circulação, levando a necrose; nesta investigação, não se evidenciou tal acontecimento para as técnicas de reparo (Brasil-2, Indiana e Tsai) de quatro ou seis passadas (Figura 15).

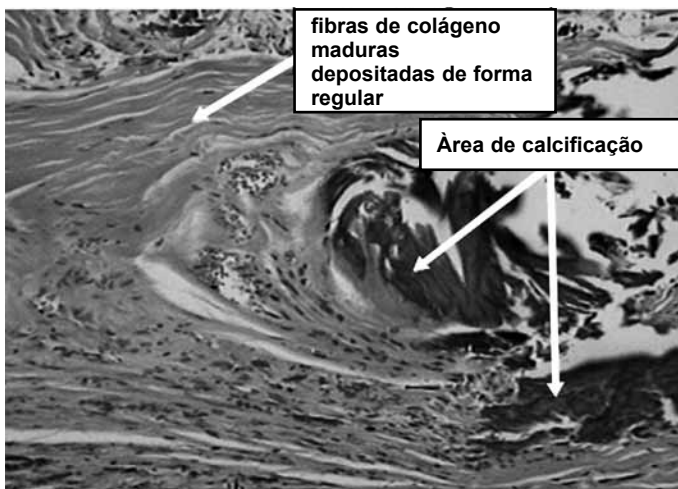


Figura 12 – Técnica de Tsai (seis passadas) no 30º dia com áreas de calcificação; entretanto, presença de cicatrização bem definida (100x).
Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

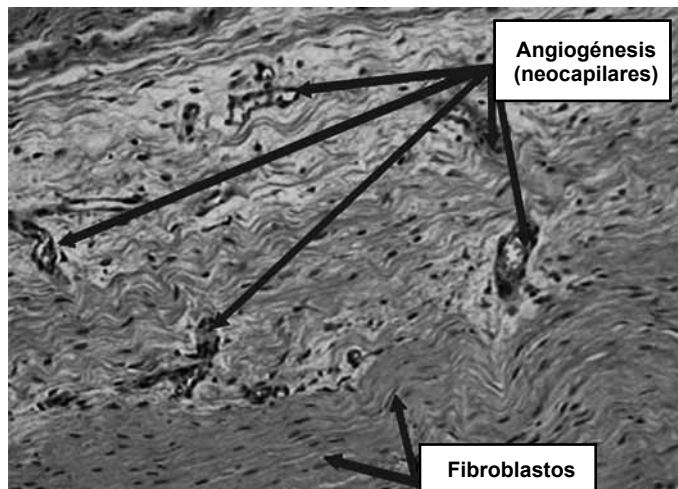


Figura 15 – Técnica de Tsai (seis passadas), exibindo muito tecido de granulação, angiogêneses no 15º dia (100x).
Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

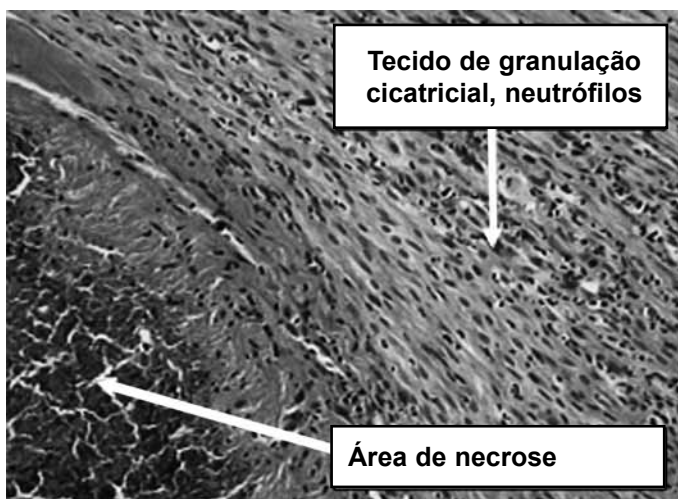


Figura 13 – Técnica de Brasil (quatro passadas) no 30º dia, evidenciando área de necrose na periferia do tendão sem prejudicar a cicatrização (100x).
Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

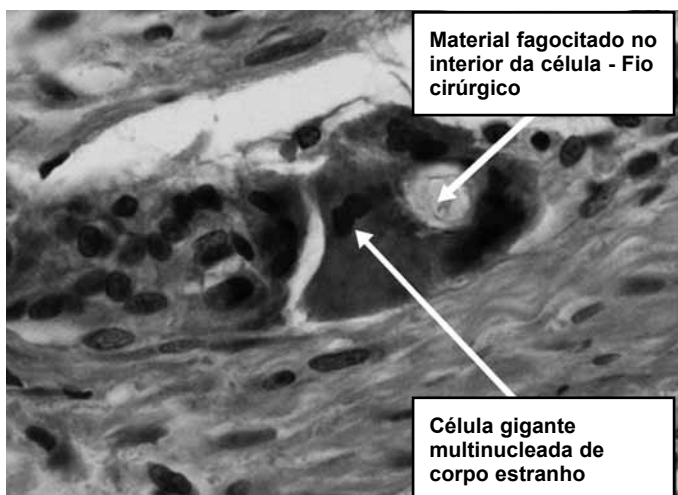


Figura 14 – Técnica de Indiana (quatro passadas) no 15º dia, mostrando uma célula gigante multinucleada de corpo estranho (400x).
Fonte: Laboratório de Cirurgia Experimental do Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Passo Fundo, RS, Brasil.

DISCUSSÃO

Na experiência de Elliot⁽¹⁰⁾, Strickland⁽⁴⁾, Kumar *et al*^(26,27) e Tu *et al*⁽²⁸⁾, a cicatrização completa do tendão se dá em torno de três meses, em que o recrutamento de fibrina formada é convertido em tecido cicatricial solidificado, período pelo qual a mão está liberada para atividades intensas. Mobilização precoce naturalmente não previne inteiramente as aderências, mas cria uma forma de cicatrização que permite ao tendão mover-se, retornando sua função normal como um pistão mecânico.

Inúmeros trabalhos de biomecânica na literatura têm sido usados como testes nos reparos em tendões flexores da mão em humanos e animais, incluindo testes com modelos de carga linear e curvilínea. Desafortunadamente, devido à falta de uniformidade entre os estudos, tem-se como resposta uma larga amplitude nos resultados, dificultando a comparação destes.

O teste de carga linear *in vitro* é um método de análise isolado, extra-anatômico do tendão, que permite avaliar um grande número de métodos de sutura com direta visualização. A falha (*gap*) entre os cotos tendíneos suturado ou a ruptura são facilmente medidas, ignorando a fisiologia da carga com o ambiente que circunda o tendão. Este tem sido usado em animais e em cadáveres humanos e podem ser realizados com carga cíclica ou linear simples para promover a ruptura da sutura.

Já o teste de carga curvilínea *in vitro* deixa o tendão a ser testado dentro da mão intacta, e, durante o movimento de um dedo, várias forças são aplicadas no tendão como a tensão dorsal, volar e fricções dentro da bainha sinovial. A desvantagem é que não se pode visualizar diretamente o tendão, dificultando

avaliar as medidas de falha (*gap*) entre os cotos ou ruptura tendínea.

Já é sabido que exercícios promovem a síntese, concentração e influência no espessamento da fibra de colágeno, comprovado em investigações animais, aumentando, assim, a força e estresse tendíneo. Embora efeitos de exercícios por período prolongado sobre o tendão pareçam ser positivos, indivíduos podem apresentar períodos de debilidade durante o curso de treinamento; sendo assim, isto requer um descanso para adaptação morfológica do tendão⁽³⁾.

Na investigação biomecânica e histológica de Sardenberg⁽¹⁵⁾, com sutura de Kessler (2-passadas) no tendão flexor profundo dos dedos da pata traseira de 83 coelhos, no que diz respeito à localização do nó final da sutura central na região do tendão normal vascular ou na região do tendão fibrocartilaginoso avascular, não houve diferenças nos aspectos biomecânicos e histológicos do processo de cicatrização tendinosa.

Outros trabalhos explicam que suturas de múltiplas passadas desenhadas para suportar maiores pressões nos tendões reparados exigem mais treinamentos e habilidades sofisticadas por parte dos cirurgiões; sendo assim, a dificuldade em aprender estas técnicas desanima o uso delas em nível mundial, de onde somente 30% as utilizam. Além disso, podem apresentar desvantagens em cirurgiões não treinados, como aumento de volume, trauma durante o reparo e rompimento no suporte vascular tendíneo^(6,7,11,12,29-31). Com tudo isso, não foi evidenciado nessa investigação, mas tem que se levar em conta que as suturas foram realizadas por três cirurgiões seniores treinados, o que não causou desvantagens nos tendões.

No tratado de biomecânica de Boyer⁽³²⁾, a colocação do nó de sutura no interior ou fora do tendão reparado não se mostrou conclusiva no efeito da força de tensão. Grande quantidade de sutura dentro do tendão pode aumentar o volume e, com isso, diminuir o deslizamento do mesmo. Enquanto que a colocação do nó de sutura fora do tendão reparado pode afetar o deslizamento em prejuízo da fricção entre o tendão e a bainha sinovial proximal ou distal ao sítio de reparação. Todavia, isso não foi demonstrado nesta investigação com as técnicas de quatro ou seis passadas no aspecto histológico.

Para Su *et al*⁽²¹⁾, em uma investigação *in vivo* usando a técnica de reparo tendíneo com implante metálico chamado Teno Fix (Ortheon Medical; Winter Park, Flórida), em tendão flexor superficial comum dos dedos da pata dianteira em 16 cachorros. Os animais foram eutana-

siados na terceira, sexta e 12ª semanas pós-cirúrgicas, nas quais dificuldades com a imobilização de gesso ocorreram em nove de 16 cachorros, conduzindo para a ruptura dos mesmos; apenas sete obtiveram sucesso no reparo primário (afastamento < 2mm). Mas ficou demonstrado, histologicamente, que o reparo de Teno Fix não causou reação inflamatória e não interferiu na cicatrização. Na investigação de Wolfe *et al*⁽³³⁾ com 30 tendões flexores profundos de cadáveres, analisando as técnicas: 1) Cruciate, sutura de quatro passadas; 2) Kessler, sutura de duas passadas; 3) Teno Fix, implante metálico; obtiveram sete rupturas de 10 com o reparo de Kessler, sete rupturas de 10 com o reparo de Cruciate e todos rotos com o reparo de Teno Fix, não conferindo uma vantagem mecânica neste modelo de prova linear em cadáveres. Segundo Coats *et al*⁽³⁴⁾, o reparo tendíneo com Teno Fix, embora tenha mostrado adequada força em laboratório, é volumoso e apresenta insuficientes dados clínicos e demasiado custo, impedindo seu uso em ampla escala. Sem dúvida, é muito difícil não ter complicações com a imobilização de gesso, especialmente quando se trata de animais irracionais, em especial roedores, como nesta pesquisa. Referindo-se a isso, todos os três (8,3%) coelhos em que foram encontrados na histologia com tecido amorfo abundante, indicando uma ruptura técnica, perderam suas imobilizações de proteção da ferida antes de completar a primeira semana. Apenas cinco chegaram até o 15º dia com imobilização e nenhum dos 36 coelhos chegou até o 30º dia com imobilização de gesso, os quais, então, eram eutanasiados.

No ensaio de Lawrence *et al*⁽³¹⁾, utilizando 40 tendões flexores profundos de porcos (*in vitro*), foram realizadas duas técnicas: duas passadas (Kessler) e quatro passadas (passada simples em X). Somente dois cirurgiões com experiência realizaram as técnicas, 20 tendões para cada um. O tempo para a realização foi similar, com uma média de 10,0 minutos para a técnica de Kessler e 10,1 minutos para a técnica de quatro passadas. Concluíram que a técnica de passada simples em X (quatro passadas) tolerou uma carga superior comparada com a técnica de Kessler (duas passadas), respectivamente, com uma média de 52N *versus* 29N, e não demandou mais tempo para sua realização. As mesmas constatações com relação ao tempo operacional das técnicas ocorreram neste estudo. Embora tenha sido realizada em coelhos (*in vivo*), ou seja, não houve tempo adicional cirúrgico entre as técnicas, com uma média de 6,0 minutos para Tsai (seis passadas), 5,7 minutos para Indiana (quatro

passadas) e 5,6 minutos para Brasil-2 (quatro passadas). Sendo estas realizadas por três cirurgiões seniores.

Vários autores demonstram uma significativa preocupação no que diz respeito à mobilização ativa precoce nos programas de reabilitação em seres humanos. Isto está no aumento de estresse aplicado no tendão reparado, resultando uma significativa formação do afastamento (*gap*) no sítio de reparo deste^(2,7,13,16-20,23,35-38). É por esta razão que, nos dias atuais, métodos de sutura com quatro passadas, seis passadas e oito passadas têm provado serem mais resistentes ao suportar e manter maiores tensões, evitando separações de 1 e 2mm e a ruptura, quando comparadas aos métodos de duas passadas. Mas, contudo, não se pode considerar a biomecânica como o fator mais importante para se evitar a ruptura. Devem-se recordar os aspectos histológicos, nos quais a finalização da maturação do tecido de colágeno ocorre ao término de quatro meses, e mesmo com técnicas de sutura resistentes à ruptura, esta pode acontecer ao exagerar uma força antes do quarto mês. Isto está bem explicado nos artigos descritos por Gelberman *et al*⁽³⁹⁻⁴²⁾, Goldfarb *et al*⁽⁴³⁾, Ikeda *et al*⁽²²⁾ e Wu *et al*⁽⁴⁴⁾, nos quais o pico máximo da liberação da fibronectina pelos fibroblastos se dá do sétimo ao 10º dia, promovendo a formação de novos vasos (neovascularização) e se completa ao término do 16º ao 21º dia. Neste, ponto entre a primeira e a quarta semana, deve ser tomado o cuidado para não haver rerruptura tendínea; assim, neste momento, as técnicas de mais de duas passadas permitem maior segurança, nas quais as fibras de colágenos, ao término do 30º dia, estão se posicionando no eixo longitudinal do tendão. Além do

mais, a mobilidade precoce evita aderências e proporciona o espessamento das fibras, fortalecendo o tendão. Não obstante, como também é verdade afirmar que o aumento da força durante a reabilitação não altera a cicatrização do tendão reparado. Essa observação é comprovada nesta investigação histológica, a qual mostra a formação vascular ao 15º dia e a orientação longitudinal das fibras de colágeno ao eixo do tendão destes roedores ao redor do 30º dia. Em outras palavras, não se pode esquecer que o tempo biológico de cicatrização é o mesmo, tanto para as técnicas de duas passadas quanto para quatro, seis e oito passadas; ou seja, o uso da força completa (exacerbada) no tendão deve ser retardado até o quarto mês depois da cirurgia reparadora.

CONCLUSÃO

As três diferentes técnicas de sutura testadas com mobilidade ativa precoce (MAP), em tendões flexores da pata traseira (tendão calcâneo) de coelhos: quatro passadas (Brasil-2 e Indiana) e seis passadas (Tsai) apresentaram comportamentos semelhantes na histologia, biomecânica e tempo de reparo cirúrgico. Não houve diferença, histologicamente, do nó central final dentro ou fora do tendão reparado que pudesse prejudicar o deslizamento do mesmo, tanto no aumento de volume tendíneo quanto na fricção entre o tendão reparado e a bainha sinovial. Por conseguinte, este estudo histológico serviu para demonstrar que a MAP afetou o comportamento das fibras do colágeno, pois estas obtiveram um espessamento mais exuberante, tornando-se grossas, e, assim, dando mais força e resistência à tração ao tendão reparado.

REFERÊNCIAS

- Wada A, Kubota H, Miyaniishi K, Hatanaka H, Miura H, Iwamoto Y. Comparison of postoperative early active mobilization and immobilization in vivo utilizing a four-strand flexor tendon repair. *J Hand Surg Br.* 2001;26(4):301-6.
- Buendia LA, Mattar R, Ulson HJR. Estudo biomecânico comparativo da resistência à tração entre técnicas de sutura dos tendões flexores da mão. *Rev Bras Ortop.* 2005;40(7):407-17.
- Goodman HJ, Choueka J. Biomechanics of the flexor tendons. *Hand Clin.* 2005;21(2):129-49.
- Strickland JW. The scientific basis for advances in flexor tendon surgery. *J Hand Ther.* 2005;18(2):94-110.
- Kuwata S, Mori R, Yotsumoto T, Uchio Y. Flexor tendon repair using the two-strand side-locking loop technique to tolerate aggressive active mobilization immediately after surgery. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(10):1083-7.
- Karjalainen T, He M, Chong AK, Lim AY, Ryhanen J. Nickel-titanium wire in circumferential suture of a flexor tendon repair: a comparison to polypropylene. *J Hand Surg Am.* 2010;35(7):1160-4.
- Lee SK, Goldstein RY, Zingman A, Terranova C, Nasser PH, Hausman MR. The effects of core suture purchase on the biomechanical characteristics of a multistrand locking flexor tendon repair: cadaveric study. *J Hand Surg Am.* 2010;35:1165-71.
- Riaz M, Hill C, Khan K, Small JO. Long term outcome of early active mobilization following flexor tendon repair in zone 2. *J Hand Surg Br.* 1999;24(2):157-60.
- Strickland JW. Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg Am.* 2000;25(2):214-35.
- Elliot D. Primary flexor tendon repair—operative repair, pulley management and rehabilitation. *J Hand Surg Br.* 2002;27(6):507-13.
- Klein L. Early active motion flexor tendon protocol using one splint. *J Hand Ther.* 2003;16(3):199-206.
- Cao Y, Tang JB. Biomechanical evaluation of a four-strand modification of the Tang method of tendon repair. *J Hand Surg Br.* 2005; 30(4):374-8.
- Tang JB. Tendon injuries across the world: treatment. *Injury.* 2006;37(11):1036-42.
- Kusano N, Yoshizu T, Maki Y. Experimental study of two new flexor tendon suture techniques for postoperative early active flexion exercises. *J Hand Surg Br.* 1999;24(2):152-6.
- Sardenberg T. Lesão do tendão flexor: sutura na região avascular ou vascularizada? Estudo biomecânico e histológico em coelhos [tese]. Botucatu: Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP; 2006.

16. McLarney E, Hoffman H, Wolfe SW. Biomechanical analysis of the cruciate four-strand flexor tendon repair. *J Hand Surg Am.* 1999;24(2):295-301.
17. Zatiti SC, Mazzer N, Barbieri CH. Mechanical strengths of tendon sutures. An in vitro comparative study of six techniques. *J Hand Surg Br.* 1998;23(2):228-33.
18. Winters SC, Gelberman RH, Woo SL, Chan SS, Grewal R, Seiler JG 3rd. The effects of multiple-strand suture methods on the strength and excursion of repaired intrasynovial flexor tendons: a biomechanical study in dogs. *J Hand Surg Am.* 1998;23(1):97-104.
19. Shaieb MD, Singer DI. Tensile strengths of various suture techniques. *J Hand Surg Br.* 1997;22(6):764-7.
20. Gill RS, Lim BH, Shatford RA, Toth E, Voor MJ, Tsai TM. A comparative analysis of the six-strand double-loop flexor tendon repair and three other techniques: a human cadaveric study. *J Hand Surg Am.* 1999;24(6):1315-22.
21. Su BW, Raia FJ, Quitkin HM, Parisien M, Strauch RJ, Rosenwasser MP. Gross and histological analysis of healing after dog flexor tendon repair with the Teno Fix device. *J Hand Surg Br.* 2006;31(5):524-9.
22. Ikeda J, Zhao C, Moran SL, An KN, Amadio PC. Effects of synovial interposition on healing in a canine tendon explant culture model. *J Hand Surg Am.* 2010;35(7):1153-9.
23. Severo AL, Ávila AOV, Costa M, Lech OLC. Reparo em tendões flexores da mão: análise biomecânica com diferentes técnicas de sutura. *Rev Bras Ortop.* 2005;40(7): 418-27.
24. Strickland JW. Flexor tendon repair. *Hand Clin.* 1985;1(1):55-68.
25. Lim BH, Tsai T. The six – strand technique for flexor tendon repair. *Atlas Hand Clin.* 1996;1(1):65-75.
26. Kumar V, Abbas AK, Fausto N. Inflamação aguda e crônica. *Patologia – bases patológicas das doenças.* 7a. ed. São Paulo: Elsevier; 2005.
27. Kumar V, Abbas AK, Fausto N. Tecido de renovação e reparação: regeneração, cicatrização e fibrose - bases patológicas das doenças. 7a. ed. São Paulo: Elsevier; 2005. p. 91-123
28. Tu YK, On Tong G, Wu CH, Sananpanich K, Kakinoki R. Soft-tissue injury in orthopaedic trauma. *Injury.* 2008;39(Suppl 4):3-17.
29. Smith AM, Evans DM. Biomechanical assessment of a new type of flexor tendon repair. *J Hand Surg Br.* 2001;26(3):217-9.
30. Groth GN. Current practice patterns of flexor tendon rehabilitation. *J Hand Ther.* 2005;18(2):169-74.
31. Lawrence TM, Woodruff MJ, Aladin A, Davis TR. An assessment of the tensile properties and technical difficulties of two- and four-strand flexor tendon repairs. *J Hand Surg Br.* 2005;30(3):294-7.
32. Boyer MI. Flexor tendon biology. *Hand Clin.* 2005;21(2):159-66.
33. Wolfe SW, Willis AA, Campbell D, Clabeaux J, Wright TM. Biomechanical comparison of Teno fix tendon repair device with the Cruciate and modified Kessler techniques. *J Hand Surg.* Disponível em: www.sciencedirect.com.athenea.upo.es/science. Acesso em 2 Março de 2007.
34. Coats RW 2nd, Echevarría-Oré JC, Mass DP. Acute flexor tendon repairs in zonell. *Hand Clin.* 2005;21(2):173-9.
35. Mattar RJ, Azze R, Okane SY, et al. Reconstrução dos tendões flexores com o método de Indiana. *Rev Bras Ortop.* 1997;32(4):310-4.
36. Sanders DW, Milne AD, Dobravec A, MacDermid J, Johnson JA, King GJ. Cyclic testing of flexor tendon repairs: an in vitro biomechanical study. *J Hand Surg Am.* 1997;22(6):1004-10.
37. Thurman RT, Trumble TE, Hanel DP, Tencer AF, Kiser PK. Two-, four-, and six-strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model. *J Hand Surg Am.* 1998;23(2):261-5.
38. Savage R, Pritchard MG, Thomas M, Newcombe RG. Differential splintage for flexor tendon rehabilitation: an experimental study of its effect on fingerflexion strength. *J Hand Surg Br.* 2005;30(2):168-74.
39. Gelberman RH, Menon J, Gonsalves M, Akeson WH. The effects of mobilization on the vascularization of healing flexor tendons in dogs. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(153):283-9.
40. Gelberman RH, Amifl D, Gonsalves M, Woo S, Akeson WH. The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons: a biochemical-microangiographic study. *Hand.* 1981;13(2):120-8.
41. Gelberman RH, Woo SL, Amiel D, Horibe S, Lee D. Influences of flexor sheath continuity and early motion on tendon healing in dogs. *J Hand Surg Am.* 1990;15(1):69-77.
42. Gelberman RH, Steinberg D, Amiel D, Akeson W. Fibroblast chemotaxis after-tendon repair. *J Hand Surg Am.* 1991;16(4):686-93.
43. Goldfarb CA, Harwood F, Silva MJ, Gelberman RH, Amiel D, Boyer MI. The effect of variations in applied rehabilitation force on collagen concentration and maturation at the intrasynovial flexor tendon repair site. *J Hand Surg Am.* 2001;26(5):841-6.
44. Wu YF, Chen CH, Cao Y, Avanesian B, Wang XT, Tang JB. Molecular events of cellular apoptosis and proliferation in the early tendon healing period. *J Hand Surg Am.* 2010;35(1):2-10.