

Análise mecânica comparativa de três tipos de sutura entre tendões de dimensões diferentes- estudo experimental

Mechanical comparative analysis of three different types of sutures in different dimensions tendons – experimental study

TRAJANO SARDENBERG¹, SÉRGIO SWAIN MÜLLER², CHAFI FACURI NETO³, GUSTAVO COLANI BARBOSA³, JOSÉ FERNANDO EL MURR³, HAMILTON DA ROSA PEREIRA²

RESUMO

O objetivo da presente investigação experimental foi avaliar o perfil mecânico de três tipos de técnicas de sutura entre tendões de dimensões diferentes. Foram utilizados 21 cães sem raça definida (11 machos/10 fêmeas), dos quais foram obtidos os tendões flexor comum dos dedos - t.c. (maior dimensão) e tibial cranial - t.cr. (menor dimensão), de ambos os membros pélvicos. Logo após a obtenção das peças foi realizada sutura, segundo cada tipo de técnica, porém sempre com o mesmo número de pontos. Os tendões utilizados para sutura foram sempre do lado direito e o controle do lado esquerdo (t.cr.). Após a sutura, os corpos de prova foram fixados em garras especialmente desenvolvidas e submetidos a ensaio de tração axial à velocidade de 30mm/minuto. Após o ensaio o programa da máquina forneceu os valores da carga máxima (na ruptura) e deformação absoluta (mm) e relativa (%), além do diagrama carga-deformação. Os resultados foram submetidos a estudo estatístico pela análise de medidas repetidas no nível de 5% de significância. Não foi constatada diferença estatisticamente significativa nos parâmetros mecânicos avaliados nos três grupos de técnicas de suturas. Em relação ao controle (tendão de menor diâmetro contra-lateral), observou-se que a sutura apresenta resistência máxima a tração significativamente menor que o controle e maior deformação.

Descritores: Tendão; sutura e biomecânica

INTRODUÇÃO

O reparo direto e primário das lesões dos tendões flexores na mão é considerado a melhor opção de tratamento

SUMMARY

The aim of this experimental investigation was study of mechanical profile of three kinds of suture, between tendons with different dimensions. Were utilized 21 mongrel dogs (11 males, 10 females) of which were obtained the tendon common flexor and tendon tibial cranial of both pelvic limbs. After the dissection of the tendons, suture was done, seven animal per group. The tendons utilized allways were from the right limb and from the left limb side utilized as control. After the suture, we performed axial traction tests, rate level of 30mm/min, using special jaws. After the test the machine's program informed the values of ultimate load, elongation and strain, and load elongation diagram. The results were submitte to statistical study, that showed no difference between the technics utilized. The values of suture groups were smaller than the control, for ultimate load, and higher for elongation and strain.

Key Words: Tendon; suture; biomechanical

INTRODUCTION

Direct and primary repair of flexor tendon injuries in hands is considered as the best option for treatment of isolated lesions of tendons or associated to injuries of peripheral nerves⁽¹²⁾. Other situations, such as complex injuries involving other anatomical structures (bone, joints, blood vessels, etc) or the impossibility of performing a primary repair (diagnosis failure, priority for treatment of other systems, lack of an specialized team, etc) make impossible to bring near the stomps of tendons for a direct repair. In these cases there is indicati-

Trabalho realizado no Departamento de Cirurgia e Ortopedia da Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP

1- Professor Assistente
2- Professor Assistente Doutor
3- Ex-Médico Residente

Endereço para Correspondência: Departamento de Cirurgia e Ortopedia
Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP - Botucatu - SP - CEP 18618-970
Email: tsarden@fmb.unesp.br

Work performed at Department of Surgery and Orthopedics from Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP

1- Assistant Professor
2- PhD Assistant Professor
3- Ex-Resident Doctor

Address: Department of Surgery and Orthopedics - Faculdade de Medicina de Botucatu - UNESP - Botucatu - SP - CEP 18618-970
E-mail: tsarden@fmb.unesp.br

das lesões isoladas dos tendões ou associadas à lesões de nervos periféricos⁽¹²⁾. Outras situações, como lesões complexas envolvendo outras estruturas anatômicas (ossos, articulações, vasos sanguíneos e etc.) ou, a impossibilidade de realizar o reparo primariamente (falhas no diagnóstico, prioridade ao tratamento de lesões de outros aparelhos ou sistemas, falta de equipe médica especializada e etc.), tornam impossível a aproximação dos cotos tendinosos para o reparo direto. Nesses casos há a indicação do uso de técnicas de enxerto livre de tendão flexor^(10,12).

As dimensões do tendão, principalmente a largura e o diâmetro, que será utilizado como enxerto livre são fatores importantes na escolha, havendo vantagens na utilização de tendões de pequenas dimensões, o que facilita a passagem pelo canal osteofibroso dos dedos, o deslizamento, a revascularização e, conseqüentemente, diminui as aderências aos tecidos vizinhos^(3,10,12,15). Os tendões flexores superficiais e profundos, normalmente utilizados como motores nos enxertos tendinosos, são maiores que os tendões usados como enxerto (palmar longo, plantar delgado e extensor dos dedos do pé) e, portanto, as anastomoses proximais são realizadas entre tendões de dimensões diferentes.

As técnicas de reparo direto entre tendões de dimensões diferentes podem acarretar o fenômeno do "tendão insatisfeito", aumentando o risco de aderências aos tecidos vizinhos^(2,3,8). Diversas técnicas de sutura de tendão foram desenvolvidas para sanar esse problema, sendo que atualmente a mais utilizada é a de Pulvertaft⁽⁶⁾ ou variantes desta^(2,8,9,10,12).

A utilização de protocolos de pós-operatórios que envolvem algum tipo de mobilização articular intensificou a exigência de técnicas de sutura com alto grau de resistência à tração e que permitam mobilização precoce^(1,5,6,7,11,13,14). No entanto, a maioria desses estudos referem-se às técnicas de reparo direto de tendões de dimensões semelhantes. Gabuzda et al⁽⁴⁾ realizaram estudo biomecânico de técnica de sutura lateral, porém utilizando tendões de dimensões semelhantes.

O objetivo do presente estudo foi estudar biomecanicamente técnicas de sutura entre tendões de dimensões diferentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os membros pélvicos de 21 cães adultos, sem raça definida, de ambos os sexos, com peso entre 12,0kg e 15,0kg, clinicamente saudáveis, utilizados para outros propósitos, foram amputados no quadril e mantidos em freezer à temperatura de -20°C por período de três a seis semanas.

No dia do experimento, as peças anatômicas foram descongeladas à temperatura ambiente e dissecadas retirando-se o tendão comum – t.c. (músculo flexor digital profundo e músculo flexor longo do hálux) e o tendão do músculo tibial cranial – t.cr. .

on for using grafting techniques of free flexor tendon^(10,12).

Tendon dimensions, mostly width and diameter, to be used as free graft are important factors in choice, being advantageous to use small dimension tendons to make easier to pass through the osteofibrous channel of the fingers, the sliding, the revascularization and, consequently, reduction of adherence to surrounding tissues^(3,10,12,15). Superficial and deep flexor tendons, normally used as motors in tendon grafting, are larger than the tendons used as graft (palmaris longus, plantaris delgadus, extensor tendons of the toes) and so, proximal anastomosis are performed between tendons of different dimensions.

Direct repair techniques between different dimension tendons may bring the so called phenomenon of "dissatisfied tendon", increasing the risk of adherence to surrounding tissues^(2,3,8). Many suture techniques for the tendons were developed for solving this problem, being currently most used Pulvertaft's⁽⁶⁾ technique or its variations^(2,8,9,10,12).

The use of post operative protocols involving a degree of joint mobilization intensified the request for suture techniques with a high degree of endurance to traction, allowing early mobilization^(1,5,6,7,11,13,14). However, the majority of these studies are related to direct repair techniques of tendons with similar dimensions. Gabuzda et al⁽⁴⁾ performed a biomechanical study of a lateral suture technique, however using similar size tendons.

The aim of this study was to perform a biomechanical evaluation of the suture between different dimension tendons.

MATERIAL AND METHODS

Pelvic members of 21 adult dogs, of no specified race, both genders, weighting between 12.0 kg and 15.0 kg, clinically healthy, used for other purposes, were amputated at the hip and kept in a freezer at a -20° C for 3 to 6 weeks.

On the day of the test, the anatomical specimens were defrosted at room temperature and dissected removing the common tendon – c.t. (deep digital flexor muscle and long flexor of halux) and the cranial tibial – t.cr. – muscle tendon.

After assessment of the width of the extremities of the tendons, sutures were performed in three groups, G1, G2 and G3 (Figure 1).

The stitches were in "U", with three knots and in a number of six in all techniques, with monofilamentar nylon line 4-0, with a triangular needle. The distance between the orifices performed in the common tendon in group G1 were of 1.0 cm, and in group G3 the distance between the orifice and the distal extremity of the tendon was of 1.5 cm. The procedures were performed on the right pelvic limb and the tibial cranial muscle tendon of the left limb was used as a control.*

The tendons sutured were fixed to specially developed claws, with the c.t. placed proximally. The tendons were kept moist with saline solution.

*Ethicon®

Após a mensuração da largura das extremidades dos tendões, procederam-se as técnicas de sutura em três grupos, G1, G2 e G3 (Figura 1). Os pontos foram em U, com três nós e em número de seis em todas as técnicas, com fio monofilamentar de náilon 4-0*, com agulha triangular. A distância entre os orifícios realizados no tendão comum no grupo G1 foi de 1,0 cm e, no grupo G3 a distância entre o orifício e a extremidade distal do tendão foi de 1,5cm. Os procedimentos foram realizados no membro pélvico direito e o tendão do músculo tibial cranial do membro esquerdo utilizado como controle.

Os tendões suturados foram fixados em garras especialmente desenvolvidas, com o t. c. colocado proximalmente. Os tendões foram mantidos umedecidos com solução isotônica de cloreto de sódio.

Utilizou-se Máquina Universal de Ensaios Mecânicos, marca EMIC, modelo DL 10.000. O método incluiu célula de carga de 5000N, sentido tração e velocidade aplicada de carga de 30mm/min.

O número de ensaios realizados para cada técnica testada (G1, G2, G3) foi sete e, o número de tendões craniais testados foi, de 21.

Os dados obtidos para análise foram: carga máxima, deformação absoluta e relativa na carga máxima.

Os resultados obtidos foram submetidos a tratamento estatístico, por meio de análise de medidas repetidas para grupos independentes⁽¹⁷⁾, sendo que as conclusões foram discutidas no nível de 5% de significância.

RESULTADOS

Os resultados obtidos estão apresentados nas (Tabelas 1, 2 e 3 e Figuras 2, 3 e 4). A média da largura do tendão comum foi de 6,1 mm e a do tendão tibial cranial de 4,2 mm.

DISCUSSÃO

O enxerto de tendão flexor é realizado por meio da junção proximal e da junção distal. A proximal envolve a sutura de tendões de dimensões diferentes e na distal há a inser-

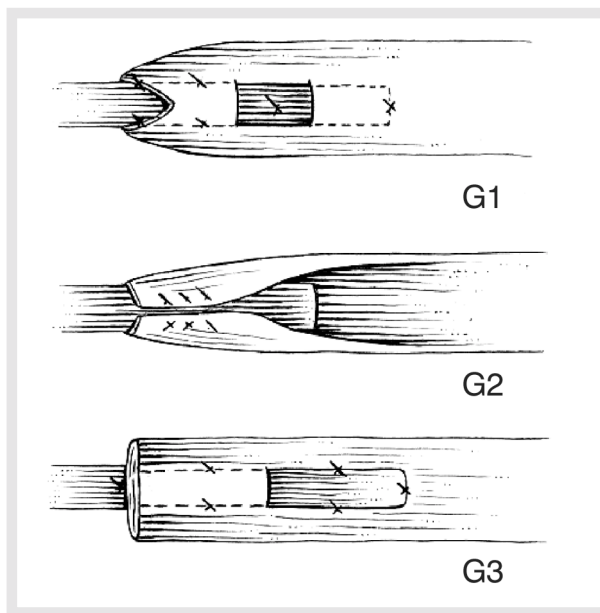


Figura 1 - Técnicas de sutura nos três grupos experimentais (G1, G2 e G3).

Figure 1 - Suture techniques in the three experimental groups (G1, G2, G3).

It was used an Universal Mechanical Test Machine, brand EMIC, model DL 10.000. The method included a load cell of 5000N, and traction and speed applied at a load of 30 mm/min.

Were performed 7 tests for each group (G1, G2, G3), being tested 21 tendons.

Data obtained for analysis were: maximum load, absolute and relative deformation at maximum load.

The results were statistically analyzed by means of repeated measures for independent groups⁽¹⁷⁾, and the conclusions discussed at a 5% significance level.

RESULTS

Results are presented in the (Tables 1, 2 and 3 and the Figures 2, 3 and 4). The average width of the common tendon was 6.1 mm and of the cranial tendon 4.2 mm.

average width of the common tendon was 6.1 mm and of the cranial tendon 4.2 mm.

DISCUSSION

Flexor tendon grafting is performed by means of a proximal and a distal junction. The proximal involves suture of different dimension tendons and distally the tendon is inserted in bone. The present study is limited to the biomechanical evaluation of the proximal junction.

The endurance of suture procedures, such as the ones used in this work, depends on several factors: arrangement between the tendons of different dimensions, number of applied stitches, diameter of the suture line, kind and number of knots. The central aim of the investigation was to evaluate eventual differences in mechanical behavior of the distinct arrangements. The technique used in group G1 was selected due to its large use in clinical practice⁽¹²⁾; the technique for group G2 was chosen for its simplicity and possible clinical use and technique for group G3, even not normally used in clinical practice due to possible problems related to "dissatisfied tendon"^(2,3,8) was selected to evaluate the mechanical efficiency of tendon adaptation without a "complete closing" between different dimension tendons. The statistical analysis showed not to exist a significant difference between the studied groups: group G1 ($56,5 \pm 17,9$ N), group G2 ($42 \pm 3,6$ N) and group G3 ($48,5 \pm 9,3$ N). Nevertheless the mean values for each group were not identical, group 1 presenting a slightly superior value, this difference was not significant.

ção de tendão em osso. O presente estudo é limitado à avaliação biomecânica da junção proximal.

A resistência dos procedimentos de suturas, como utilizados neste trabalho, é dependente de vários fatores: arranjo entre os tendões de dimensões diferentes, número de pontos realizados, diâmetro do fio de sutura, tipo e número de nós. O objetivo central da investigação era conhecer eventuais diferenças no comportamento mecânico de tipos distintos de arranjos. A técnica utilizada no grupo G1 foi selecionada devido ao seu amplo uso na prática clínica⁽¹²⁾; a técnica do grupo G2 foi escolhida devido à sua simplicidade e possível uso clínico, a técnica do grupo G3, apesar de normalmente não utilizada na prática clínica devido a possíveis problemas relacionados ao "tendão insatisfeito"^(2,3,8), foi selecionada para avaliar a eficiência mecânica da coaptação tendinosa sem "fechamento completo" entre tendões de dimensões diferentes. A análise estatística demonstrou não haver diferença significativa na carga máxima suportada pelos grupos estudados: grupo G1 ($56,5 \pm 17,9$ N), grupo G2 ($42 \pm 3,6$ N) e grupo G3 ($48,5 \pm 9,3$ N). Embora os valores médios de cada grupo não sejam

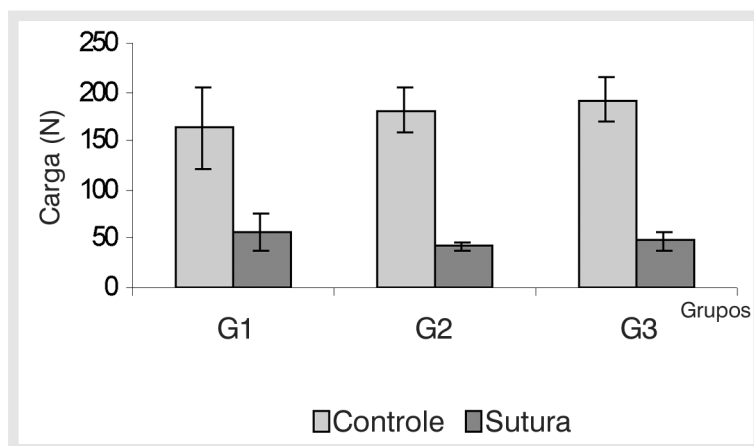


Figura 2 - Carga máxima: média e desvio padrão nos grupos de sutura e controle.

Figure 2 - Maximum load: mean, standard deviation in the suture and control groups.

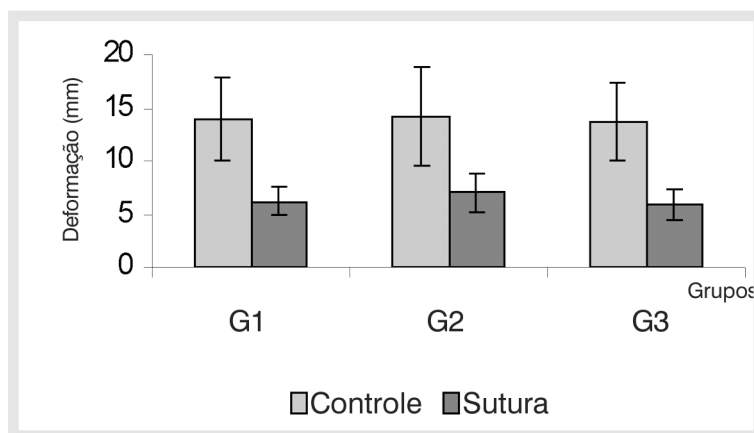


Figura 3 - Deformação absoluta: média e desvio padrão nos grupos de sutura e controle.

Figure 3 - Absolute deformation: mean and standard deviation in suture and control groups.

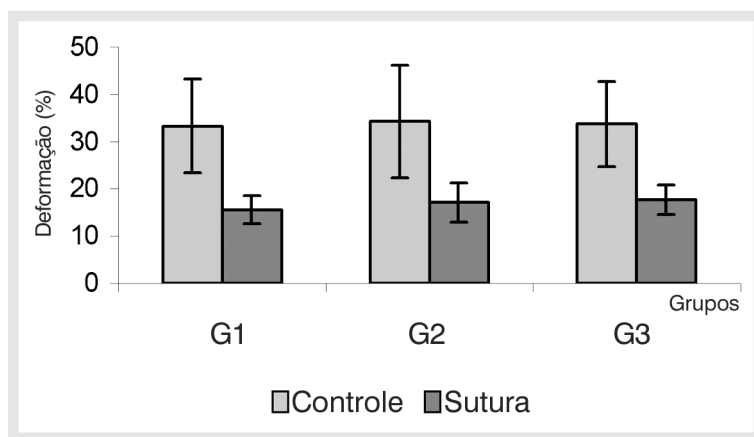


Figura 4 - Deformação relativa: média e desvio padrão nos grupos de sutura e controle.

Figure 4 - Relative deformation: mean and standard deviation in suture and control groups.

These results also present in group G1 a standard deviation that is larger than the observed in the other groups, suggesting a less homogeneous behavior explainable by the more difficult technique, thus, with more variable and less predictable results. In the other groups (G2 and G3) the standard deviation was smaller, looking to indicate more uniform results.

In relation to absolute deformation, expressed in millimeters, it is observed the same: a similar mean, and in this case a similar standard deviation as well. Relative deformation, in relation to length at start, also did not show significant differences. So, independently of the arrangement between the tendons, with variation of the contact area between the parts, maximum load and deformation were similar.

What would be the explanation for this behavior, since in the beginning it was supposed that the techniques increasing the contact surfaces between the sutured parts should, theoretically, bring more endurance to traction? For attending the aims of the investigation it was programmed that all techniques would use the same kind of suture line, knot and specially the same number of stitches. The results bring to consideration

idênticos, com o grupo 1 apresentando valor um pouco superior, esta diferença não é significativa. Estes resultados, mostram também no grupo G1, desvio padrão maior que o observado nos outros grupos, o que pode sugerir comportamento menos homogêneo, que poderia ser explicado pela técnica mais trabalhosa e, portanto, com resultados mais variáveis e menos previsíveis. Nos outros grupos (G2 e G3) o desvio padrão foi menor, o que parece indicar resultados mais uniformes.

Com relação a deformação absoluta, expressa em milímetros, observa-se o mesmo: média semelhante e, neste caso, com desvio padrão também semelhante. A deformação relativa, em relação ao comprimento inicial, também não mostrou diferença significativa. Portanto, independente do arranjo entre os tendões, variando a área de contato entre as duas partes, a carga máxima e as deformações obtidas são semelhantes.

O que poderia explicar esse comportamento, já que inicialmente partiu-se do pressuposto que técnicas que aumentassem a área de contato entre as partes suturadas, teoricamente, deveriam apresentar maior resistência a tração? Para que o delineamento atendesse aos objetivos da investigação, foi programado que em todas as técnicas seria utilizado o mesmo tipo de fio, nó e principalmente o mesmo número de pontos. Os resultados levam à consideração que a semelhança de comportamentos observada é provavelmente consequência da somatória da resistência de cada ponto, e como o número de pontos é o mesmo, o resultado é semelhante.

Grupo	Lado	
	Direito(sutura)	Esquerdo(controle)
G1	56,5 +/- 17,9	163,4 +/- 41,2
G2	42,0 +/- 3,6	181,1 +/- 22,4
G3	48,5 +/- 9,3	191,8 +/- 22,3
Hipótese estatística	Resultado do teste ("p-value") Comentário	
Semelhança dos perfis médios	F=2,88 (p>0,05)	Perfis médios são semelhantes
Efeito de grupos	Sutura F=2,65 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
	Controle F=1,60 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
Efeito do tratamento	G1 F=82,86 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G2 F=140,42 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G3 F=148,98 (p<0,01)	Sutura≠Controle

Tabela 1 - Carga máxima (N): média, desvio padrão e resultado do teste de análise de medidas repetidas.
Table 1 - Maximum load (n): mean, standard deviation and resultS of the repeated measurements test.

Grupo	Lado	
	Direito(sutura)	Esquerdo(controle)
G1	13,8 +/- 3,9	6,2 +/- 1,4
G2	14,2 +/- 4,7	7,0 +/- 1,8
G3	13,7 +/- 3,7	5,9 +/- 1,3
Hipótese estatística	Resultado do teste ("p-value") Comentário	
Semelhança dos perfis médios	F=0,03 (p>0,05)	Perfis médios são semelhantes
Efeito de grupos	Sutura F=0,04 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
	Controle F=1,01 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
Efeito do tratamento	G1 F=20,12 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G2 F=18,24 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G3 F=21,26 (p<0,01)	Sutura≠Controle

Tabela 2 - Deformação absoluta (10⁻³ m): média, desvio padrão e resultado do teste de análise de medidas repetidas.
Table 2 - Absolute deformation (10⁻³ m), standard deviation and resultS of repeated measurements test.

Grupo	Lado	
	Direito(sutura)	Esquerdo(controle)
G1	33,3 +/- 9,8	15,6 +/- 2,9
G2	34,3 +/- 11,9	17,1 +/- 4,2
G3	33,7 +/- 8,9	17,7 +/- 3,0
Hipótese estatística	Resultado do teste ("p-value") Comentário	
Semelhança dos perfis médios	F=0,05 (p>0,05)	Perfis médios são semelhantes
Efeito de grupos	Sutura F=0,02 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
	Controle F=0,69 (p>0,05)	G1≅G2≅G3
Efeito do tratamento	G1 F=19,18 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G2 F=17,98 (p<0,01)	Sutura≠Controle
	G3 F=15,68 (p<0,01)	Sutura≠Controle

Tabela 3 - Deformação relativa (%): média, desvio padrão e resultado do teste de análise de medidas repetidas.
Table 3 - relative deformation (%): mean, standard deviation and resultS of repeated measurements test.

were less deformed than the sutured ones.

The mean maximum load values in the sutured groups

that the similitude of behavior found is probably a consequence of the sum of the resistance of each stitch and, as the number of stitches was the same, the results were similar.

The differences in the arrangements of the three types of technique were not, so, enough to differentiate the mechanical performance, what was proven by the rupture pattern found in all assays of suture rupture. The "complete closing" of the transition between the tendons did not show to have a mechanical importance. It is necessary to remember that these results were found in vitro: and that an evaluation keeping the animals alive for observation after a given time of the evolution of the reparation process and its mechanical features could bring different results.

The reason for testing the specimens just after the suture was exactly to know how much of immediate endurance can be expected, without any reparation process, and in consequence to speculate on the possibility of the suture to endure an immediate mobilization after surgery. For this, it was used a paired control (the thinner contralateral tendon, from the same dog) for comparison of the suture performed. The analysis of this comparison shows that the control (intact tendon) had higher values for the maximum load endured than the suture, in all groups, and that this difference was significant. In relation to deformation, absolute or relative, the controls had significantly lower values in all groups, that is,

As diferenças nos arranjos dos três tipos de técnicas não foram, portanto, suficientes para alterar o desempenho mecânico, fato atestado pelo padrão de ruptura observado em todos os ensaios, caracterizado pelo rompimento das suturas. O "fechamento completo" da transição entre os tendões demonstrou não possuir importância mecânica. É necessário lembrar que estes resultados foram obtidos *in vitro*; e que uma investigação que mantivesse os animais vivos, para se observar após algum tempo, a evolução do processo de reparação e sua característica mecânica, talvez ocorresse resultados diferentes.

A razão de se testar os espécimes logo após a sutura, foi justamente conhecer o quanto podemos esperar de resistência imediata, sem processo de reparação, e em consequência especular sobre a possibilidade da sutura suportar movimentação imediata no pós-operatório. Para tanto, utilizou-se controle pareado (o tendão mais fino, contralateral, do mesmo cão) para comparação com a sutura realizada. A análise dos resultados dessa comparação, mostra que o controle (tendão íntegro), tem valores maiores para carga máxima suportada que a sutura, em todos os grupos, e que esta diferença é significativa. Com relação a deformação, absoluta ou relativa, os controles exibiram valores significativamente menores, em todos os grupos, ou seja, deformaram-se menos que os suturados.

Os valores médios de carga máxima nos grupos de sutura são aproximadamente de 25% a 30% dos valores do controle. A questão que se impõe, portanto, é se esta resistência inicial pode ser considerada suficiente para permitir movimentação passiva assistida ou mesmo ativa (sem resistência) no pós-operatório imediato.

O fenômeno de queda da resistência inicial do reparo nos primeiros cinco a sete dias de pós-operatório em torno de 20% a 25% e, a recuperação ao término da terceira semana em torno de 75% foi demonstrado por Urbaniack et al⁽¹⁶⁾ em estudo *in vivo* em cães utilizando técnica de sutura entre tendões de dimensões semelhantes. Neste mesmo estudo, Urbaniack et al⁽¹⁶⁾ demonstraram que em humanos, a flexão ativa dos dedos contra uma resistência moderada produz força de 1.500g, aproximadamente 15N. Os valores biomecânicos obtidos nos grupos do presente estudo permitiriam, em teoria, a movimentação precoce no pós-operatório, não considerando a resistência da junção distal tendão-osso.

Por outro lado, alternativas para melhorar o perfil mecânico das técnicas de sutura de tendão, objetivando uma movimentação ativa contra resistência, o mais precoce possível no pós-operatório, devem ser buscadas no sentido de melhorar a cicatrização e deslizamento dos tendões.

Os resultados obtidos no presente estudo parecem expressar a soma da resistência de cada ponto. Portanto, para melhora da resistência seriam necessárias modificações técnicas. Estas modificações poderiam ser no diâmetro do fio utilizado, no tipo de fio utilizado, ou aumentar o número de pontos, que certamente melhorariam o desempenho mecânico da sutura, independente do arranjo dos

were approximately 25% to 30% of the controls. The question that so arises is if the initial endurance could be considered enough to allow a passive assisted or even active (without resistance) movement in immediate post-operative period.

The phenomenon of reduction of the initial endurance of the reparation in the first five to seven post operative days in about 20% to 25% and the recovery at the end of the third week in about 75% was demonstrated by URBANIACK et al⁽¹⁶⁾ in an *in vivo* study using a suture technique between tendons of similar dimensions in dogs. In this study, URBANIACK et al⁽¹⁶⁾ showed that in humans, active flexion of the finger against a moderate load produces a force of 1.500 g, approximately 15 N. The biomechanical values found in the present groups would allow, in theory, an early post operative mobilization, not taking into consideration the distal tendon-bone junction.

On the other hand, alternatives for improving the mechanical profile of tendon suture techniques aiming an active loaded mobilization, as earliest as possible post operatively should be sought for improving healing and sliding of the tendons.

The results observed in this study look to express the sum of the endurance of each stitch. So, in order to improve the endurance it would be necessary technical modifications. These modifications could be on the diameter of the used line, or increasing in the number of stitches, certainly improving the mechanical performance of the suture independently of the tendons arrangement. It should be highlighted that these changes have their potential for increasing the morbidity of the procedure and eventually lead to other complications such as increase in tendon tissue necrosis and adherence to surrounding tissues.

CONCLUSIONS

The mechanical profile of the three types of sutures analyzed was similar, depending on the number of stitches, the type and number of knots and the kind of line used.

tendões. Deve-se ressaltar que estas modificações tem potencial para aumentar a morbidade do procedimento e eventualmente, criar outras complicações como aumento da necrose do tecido do tendão e aderências aos tecidos vizinhos.

CONCLUSÕES

O perfil mecânico dos três tipos de sutura analisados é semelhante, dependendo do número de pontos, do tipo e do número de nós e do tipo de fio utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barmakian, J.T., Lin, H., Green, S.M., Posner, M.A., Casar, R.S.: Comparison of a suture technique with the modified Kessler method: resistance to gap formation. *J Hand Surg* 19 A: 777-781, 1994.
2. Boyers, J.H.: Problems of tendon surgery. *Am J Surg* 109: 269-271, 1965.
3. Bunnell, S., Boyes, J. H.: Tendones; in *Cirurgia de la mano*, Buenos Aires, Editorial Intermédica, 1967, p. 400-476.
4. Gabuzda, G.W., Lovallo, J. L., Nowak, M.D.: Tensile strength of the end-weave flexor tendon repair. *J Hand Surg* 19 B: 397-400, 1994.
5. Gordon, L., Garrison, J.L., Chang, J.C., Lin, Y.K., Nathan, R.P., Levinsohn, D. G.: Biomechanical analysis of a step-cut technique for flexor tendon repair. *J Hand Surg* 17 B: 282-285, 1992.
6. Haddad, R.J., Kester, M.A., McCluskey, G.M., Brunet, M.E., Cook S. D.: Comparative mechanical analysis of a looped-suture tendon repair. *J Hand Surg* 13A: 709-713, 1988.
7. Komanduri, M., Phillips, C.S., Mass, D.P.: Tensile strength of flexor tendon repairs in a dynamic cadaver model. *J Hand Surg* 21 A: 605-611, 1996.
8. Pulvertaft, R.G.: Suture materials and tendon junctures. *Am J Surg* 109: 346-352, 1965.
9. Robertson, D.C.: The place of flexor tendon grafts in the repair of flexor tendons injuries to the hand. *Clin Orthop* 15: 16-21, 1959.
10. Shneider, L.H.: Flexor tendons – Late reconstruction; in Green, D.P., Hotshkiss, R.N., Pederson, W.C. (ed.), *Green's operative hand surgery*, Philadelphia, Churchill Livingstone, p.p. 1999, p. 1898-1949.
11. Silfverskiöld, K.L., Anderson, C.H.: Two new methods of tendon repair: an in vitro evaluation of tensile strength and gap formation. *J Hand Surg* 18 A: 58-65, 1993.
12. Sobania, L.C., Santos, P.S.: Lesões dos tendões flexores; in Pardini, A.G. (ed.), *Traumatismos da mão*, Rio de Janeiro, Medsi, 2000, p. 317-350.
13. Strickland, J.W.: Flexor tendons- acute injuries; in Green, D.P., Hotshkiss, R.N., Pederson, W.C. (ed.), *Green's operative hand surgery*, Philadelphia, Churchill Livingstone, 1999, p. 1851-1897.
14. Thurmam. R.T., Thumble. T.E., Hamel. D.P., Tencer. A.F., Kiser. P.K.: Two- four-, and six- strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model. *J Hand Surg* 23 A: 261-265, 1998.
15. Tubiana, R.: Incisions and technics in tendon grafting. *Am J Surg* 109: 339-345, 1965.
16. Urbaniak, J.R., Cahill, J.D., Mortensen, R.A.: Tendon suturing methodo: analysis of tensile strengths; in *American academy of orthopedic surgeons-symposium on tendon surgery in the hand*, St louis, Morby, 1975, p.70-80.
17. Wichern, D.W., Johnson, R.A.: *Applied multivariate statistical analysis*; New Jersey, Prentice Hall, 1992, p. 642.
18. Winters, S.C., Gelberman, R.H., Woo, S.L.Y., Chan, S.S., Grewal, R., Seiler III, J.G.: 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* 23 A: 97-104, 1998.