

## Efeitos do ultrassom na cicatrização de tendões flexores de coelhos após reparo

*Effects of ultrasound on the healing of rabbit flexor tendons after repair*

*Efectos de la ecografía en la curación de los tendones flexores del conejo después de la reparación*

Edson Alves de **BARROS JUNIOR**<sup>1</sup>  
Marisa de Cassia Registro **FONSECA**<sup>2</sup>  
Salomão Chade Assan **ZATITI**<sup>2</sup>  
Abimael Caetano do **NASCIMENTO**<sup>1</sup>  
Luis Guilherme Rosifini Alves **REZENDE**<sup>2</sup>  
Nilton **MAZZER**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Claretiano Centro Universitário 14300-000 Batatais-SP, Brasil

<sup>2</sup>Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HC-FMRP-USP) 14015-010 Ribeirão Preto – SP, Brasil

### Resumo

**Introdução:** O efeito terapêutico do ultrassom no processo cicatricial dos tendões flexores permanece controverso na literatura. **Objetivo:** Avaliar morfológicamente os efeitos do ultrassom terapêutico na cicatrização de tendões flexores profundos de coelhos submetidos a tenotomia e posterior tenorrafia. **Métodos:** 30 coelhos foram divididos em dois grupos para tratamento com ultrassom e outro apenas para tenotomia. O ultrassom foi iniciado no 1º dia após tenorrafia e mantido até o 7º dia. Foram utilizadas frequência de 3MHz, intensidade de 0.4Wcm<sup>2</sup> (SATA), ciclo de trabalho de 20% por 06 minutos. Cinco animais de cada grupo foram sacrificados no 8º, 15º e 30º dia de PO, tendo os tendões dissecados e analisados pela microscopia de luz quanto a reação inflamatória, grau de necrose, proliferação de fibroblastos, deposição de colágeno e formação de granuloma. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos para nenhuma das variáveis analisadas (p = 0,0667 - 1.0000). **Conclusão:** O ultrassom não interferiu no reparo dos tendões flexores.

**Descritores:** Ultrassom; Tendões; Suturas; Cicatrização.

### Abstract

**Introduction:** The therapeutic effect of ultrasound on the healing process of flexor tendons remains controversial in the literature. **Objective:** Morphologically evaluate the effects of therapeutic ultrasound on the healing of deep flexor tendons in rabbits submitted to tenotomy and later tenorrhaphy. **Methods:** 30 rabbits were divided into two groups for ultrasound treatment and another for tenotomy only. The ultrasound was started on the 1st day after tenorrhaphy and maintained until the 7th day. Frequency of 3MHz, intensity of 0.4Wcm<sup>2</sup> (SATA), 20% duty cycle for 06 minutes were used. Five animals from each group were sacrificed on the 8th, 15th and 30th PO day, with the tendons dissected and analyzed by light microscopy for inflammatory reaction, degree of necrosis, fibroblast proliferation, collagen deposition and granuloma formation. **Results:** There was no statistically significant difference between groups for any of the variables analyzed (p = 0.0667 - 1.0000). **Conclusion:** Ultrasound did not interfere with the repair of the flexor tendons.

**Descriptors:** Ultrasonics; Tendons; Sutures; Wound Healing.

### Resumen

**Introducción:** El efecto terapéutico de la ecografía en el proceso de curación de los tendones flexores sigue siendo controvertido en la literatura. **Objetivo:** Evaluar morfológicamente los efectos de la ecografía terapéutica sobre la cicatrización de los tendones flexores profundos en conejos sometidos a tenotomía y posterior tenorrafia. **Métodos:** 30 conejos se dividieron en dos grupos para tratamiento con ultrasonido y otro solo para tenotomía. La ecografía se inició el primer día después de la tenorrafia y se mantuvo hasta el séptimo día. Se utilizó una frecuencia de 3 MHz, una intensidad de 0,4 Wcm<sup>2</sup> (SATA), un ciclo de trabajo del 20% durante 06 minutos. Se sacrificaron cinco animales de cada grupo los días 8, 15 y 30 PO, con los tendones disecados y analizados mediante microscopía óptica para determinar la reacción inflamatoria, el grado de necrosis, la proliferación de fibroblastos, la deposición de colágeno y la formación de granulomas. **Resultados:** No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos para ninguna de las variables analizadas (p = 0.0667 - 1.0000). **Conclusión:** la ecografía no interfirió con la reparación de los tendones flexores.

**Descritores:** Ultrasonido; Tendones; Suturas; Cicatrización de Heridas.

## INTRODUÇÃO

A onda de ultrassom consiste em vibrações mecânicas similares a ondas sonoras, porém fora do alcance da audição humana, devido sua frequência mais alta (>20Khz). Estas vibrações são criadas pelo material piezoelétrico, presente no transdutor do equipamento<sup>1</sup>. As frequências de ondas mais utilizadas são as de 1MHz, que são absorvidas pelos tecidos a uma profundidade entre 3 e 5 cm; e 3MHz recomendada para efeitos entre 1 e 2 cm, mais superficiais<sup>2</sup>.

O ultrassom pode potencializar a velocidade de recuperação tecidual através de efeitos no aumento da temperatura, aumento do metabolismo, aumento do fluxo sanguíneo, aumento da atividade química e aumento da permeabilidade da membrana celular<sup>1,3-5</sup>. Pode ser utilizado em processos agudos e processos crônico, uma vez que a frequência da onda, o ciclo de trabalho, o tamanho e propriedades das células promovem uma interação que pode resultar em efeitos térmicos e não térmicos<sup>1,2</sup>.

Estudos experimentais demonstraram os

efeitos positivos da utilização do ultrassom no processo cicatricial de lesões teciduais<sup>6,7</sup>. Jackson et al.<sup>8</sup> relataram em 1991 que aplicação do ultrassom contínuo a 1.5W/cm<sup>2</sup>, aumentou a razão de reparo em tendões de Aquiles de ratos. Em 1995, Gan et al.<sup>9</sup> encontraram benefício do ultrassom para cicatrização de tendões flexores dos dedos em área correspondente a zona 2 em frangos, com utilização de 0.8w/cm<sup>2</sup> e ciclo de trabalho de 25%.

Em 2004, Ng et al.<sup>10</sup> compararam o efeito do ultrassom e do exercício físico (corrida) na cicatrização das lesões do tendão de Aquiles em ratos; concluindo equivalência terapêutica na resistência tecidual, quando utilizado o ultrassom a 2W/cm<sup>2</sup>.

Matheus et al.<sup>11</sup> observaram melhora cicatricial, utilizando o ultrassom contínuo a 0,5W/cm, nas lesões do músculo gastrocnêmio de ratos<sup>2</sup>. Ng e Fung<sup>5</sup> observaram que o ultrassom melhorou a maturação do colágeno em tendões de Aquiles de ratos utilizando três frequências

diferentes: 0,5, 1,2 e 2.0W/cm<sup>2</sup>. Romano et al.<sup>7</sup> utilizaram as frequências de 0,6W/cm<sup>2</sup> e 1,4W/cm<sup>2</sup> no modo contínuo, e 0,6W/cm<sup>2</sup> (SATA) com ciclo de trabalho de 50%; não encontrando melhora das propriedades mecânicas dos tendões flexores de coelhos após reparo. Estudos conduzidos por Millis et al.<sup>2</sup> em 2019 não encontraram melhoras na funcionalidade de tendões do calcâneo de cães com a aplicação de ultrassom nas frequências de 1.0 e 1.5W/cm<sup>2</sup> contínuas e 1.0 e 1.5W/cm<sup>2</sup> pulsadas com ciclo de trabalho de 20%.

O objetivo deste estudo foi analisar morfológicamente, através de microscopia de luz, os efeitos do ultrassom terapêutico na cicatrização de tendões flexores de coelhos submetidos à tenotomia e tenorrafia.

### MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados 30 coelhos fêmeas albinas da raça Nova Zelândia, de idade adulta, com peso corporal em torno de 2,7 Kg, mantidos em gaiolas individuais, alimentados com ração-padrão e água a livre demanda. Os animais foram provenientes do Biotério Central da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – FMRP-USP. Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade de São Paulo.

Os animais foram anestesiados através da aplicação endovenosa de Thionembutal e posicionados em decúbito lateral direito, com punho e dedos da pata direita posicionada em extensão. Realizada tricotomia e antisepsia da pele na face palmar da pata dianteira direita com álcool iodado a 4%. Após colocação de campos estéreis fenestrados, foi realizada anestesia local com lidocaína à 1%. Realizou-se incisão longitudinal medial no terceiro dedo, com identificação e tenotomia total do tendão flexor profundo do terceiro dedo no nível da articulação metacarpofalangeana. Após, realizou-se o reparo tendíneo através da técnica de Kessler utilizando fio monofilamentar de poliéster (Prolene®), calibre 6-0 (Figura 1). Todo o procedimento cirúrgico foi realizado no Laboratório de Bioengenharia da FMRP-USP. O membro operado foi imobilizado por órtese de material termoplástico, fixada com velcros, mantendo a posição em flexão de 70° no punho e de 50° nas articulações metacarpofalangeanas, com interfalangeanas em extensão; simulando a posição de imobilização após reparo de tendões flexores em humanos. A porção palmar das órteses possuía uma abertura para permitir a aplicação do ultrassom (Figura 2), além de extensão proximal acima do cotovelo, reforçando sua fixação ao membro.

Os 30 animais foram divididos em 2 grupos experimentais, 15 para tratamento com ultrassom e 15 para controle. Os animais do grupo tratamento

foram submetidos a aplicação de ultrassom, com início no 1º dia pós-operatório, com frequência de 3 MHz, durante 6 minutos e 07 sessões consecutivas, com intensidade de 0.4W/cm<sup>2</sup> (SATA), ciclo de trabalho de 20%. Os animais do grupo controle não receberam tratamento com ultrassom. O equipamento utilizado foi o Sonacel III® (S. 00217) dotado de um cabeçote especialmente confeccionado, de 0,5 cm de diâmetro, para melhor acoplamento na pequena área do dedo dos coelhos. O ultrassom foi aplicado pelo método direto, com movimentos longitudinais, usando-se o gel como meio de acoplamento. A estimulação foi realizada sempre no mesmo período do dia, observando-se um intervalo de vinte e quatro horas entre elas. As órteses eram mantidas durante a aplicação para evitar tração na sutura (Figura 3).

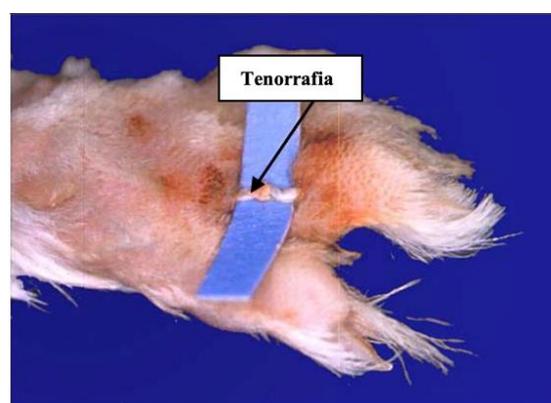


Figura 1: Tendão flexor profundo do 3º dedo após tenorrafia.

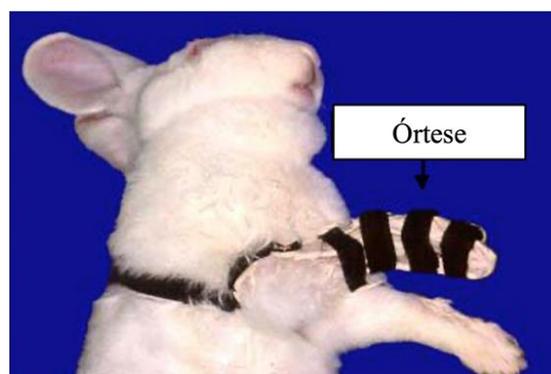


Figura 2: Órtese de imobilização pós-operatória.

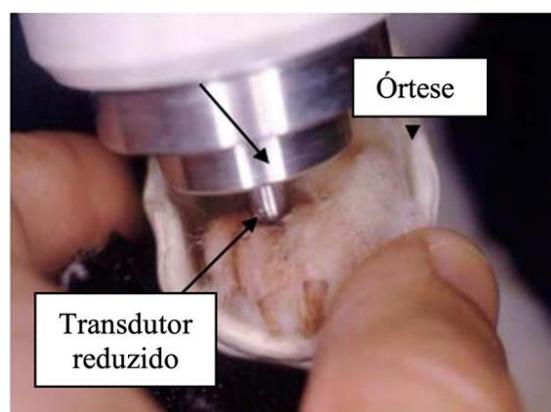


Figura 3: Processo de aplicação do ultra som com manutenção da órtese.

Cinco animais de cada grupo eram sacrificados, com método indolor, utilizando dose excessiva de anestésico endovenoso no 8º, 15º e 30º

dia pós-operatório. O tendão flexor profundo operado era dissecado e ressecado, e colocado num suporte mantendo seu formato, e inserido em recipientes com formol à 10% para fixação com volume 10 vezes superior ao volume da peça. Após, era realizada a descrição, desidratação, difusão no tecido com xilol e impregnação por meio de parafina, inclusão e microtomia. Foram realizados cortes longitudinais e transversais no local da lesão, sendo obtidos cortes de 5 µm, corados por Hematoxilina-Eosina e Tricrômico de Gomori. As amostras foram analisadas pela microscopia de luz, e os resultados registrados por uma análise semiquantitativa da reação inflamatória definida pela presença de linfócitos e macrófagos, grau de necrose, proliferação fibroblástica, deposição de colágeno e formação de granuloma; estratificada em graus que variavam de ausente (-), presença leve (+), presença moderada (++) e presença acentuada (+++). A análise dos dados da histologia, os registros em cruzes foram transformados em valores numéricos, ou seja 0 para “-”, 1 para “+”, 2 para “++” e 3 para “+++”. A análise dos dados foi realizada através do teste de contraste de médias, onde a média de cruces de cada variável eram comparadas entre os grupos tratamento e controle nos diferentes tempos de sacrifício, Teste t-student foi utilizado com nível de significância de 5%.

## RESULTADOS

Não houve intercorrências com os animais durante o procedimento cirúrgico, durante o confinamento, durante a aplicação do ultrassom ou pelo uso de órteses.

Os resultados observados na análise histológica demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os grupos tratamento e controle, para reação inflamatória, grau de necrose, proliferação de fibroblastos, deposição de colágeno e formação de granuloma tanto para o 8º, 15º e 30º dias de PO. Os valores de p estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise Histológica dos grupos com média e desvio padrão

	Resposta	Grupos Experimentais		Valor de p*
		Ultrassom	Controle	
Análise Histológica 8º PO	Reação inflamatória	1,6 (±0,55)	1 (±0,00)	-
	Necrose	0,7 (±0,45)	0,2 (±0,45)	0.115
	Proliferação de Fibroblastos	0,4 (±0,55)	0,5 (±0,5)	0.770
	Deposição de Colágeno	0,2 (±0,27)	0,2 (±0,27)	1.000
	Formação de Granuloma	0	0	-
Análise Histológica 15º PO	Reação inflamatória	1,8 (±0,45)	1,2 (±0,45)	0,066
	Necrose	1 (±0,00)	0,6 (±0,55)	-
	Proliferação de Fibroblastos	0,8 (±0,45)	0,8 (±0,45)	1.000
	Deposição de Colágeno	0,4 (±0,42)	0,5 (±0,35)	0.693
	Formação de Granuloma	0	0	-
Análise Histológica 30º PO	Reação inflamatória	0,9 (±0,22)	1,2 (±0,45)	0.2165
	Necrose	0	0,6 (±0,55)	-
	Proliferação de Fibroblastos	2 (±0,00)	1 (±0,00)	-
	Deposição de Colágeno	0,9 (±0,22)	0,4 (±0,38)	0.0831
	Formação de Granuloma	0	0	-

\*valor de p referente ao teste t-student

## DISCUSSÃO

O processo pelo qual o ultrassom pode influenciar nos eventos celulares após reparo tendíneo ainda são debatidos. Este estudo simulou em modelo animal, uma das lesões mais comuns observadas nos traumas de mão<sup>12,13</sup>.

Os resultados demonstraram que, embora os valores absolutos tenham se demonstrado maiores no 8º PO, as mesmas encontraram-se revertidas no 30º PO (Tabela 1). Desta forma, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais, demonstrando que o ultrassom terapêutico não interferiu no resultado final do reparo tendíneo, mensurados pelos parâmetros escolhidos neste estudo.

Estudos realizados com a aplicação do ultrassom em tendões demonstraram resultados positivos para cicatrização quando aplicados em tendões de frango, com frequências menores que a de nosso estudo, 0,2W/cm<sup>2</sup> (SATA)<sup>9</sup>, e em tendão de Aquiles de Ratos também com frequências de 0,5, 1,2 e 2 W/cm<sup>2,5</sup>. Essas diferenças também podem ser atribuídas ao modelo animal, uma vez que segundo Turner et al.<sup>13</sup>, o frango é considerado um modelo melhor, em função da solubilidade do colágeno tipo I de seu tendão que é comparável à do ser humano. Em consonância com Santos et al.<sup>15</sup> e Fréz et al.<sup>16</sup> optamos por utilizar coelhos pela facilidade de manuseio e de manutenção deste animal, tanto para o procedimento cirúrgico como para o tratamento com o ultrassom. Além disso, estudos biomecânicos e histopatológicos têm sido conduzidos em tendões flexores de coelhos para analisar os aspectos da cicatrização do tendão flexor após sutura do tipo Kessler na região vascularizada e na região avascular<sup>17</sup>.

A literatura aponta que os efeitos do ultrassom são mais evidentes quando aplicados nas fases iniciais cicatriciais<sup>8,9,18</sup>. Optamos pelo 8º dia de PO para analisar a fase inicial do processo de reparo, e 15º e 30º dias para analisar a fase tardia do processo. Nossos resultados não corroboraram com esta afirmação, o que pode sugerir que o período de início da aplicação do ultrassom não é fator primordial para o sucesso terapêutico. Isso pode ser observado no estudo de Gan et al.<sup>9</sup> que avaliaram os efeitos do ultrassom na cicatrização tendínea, e encontraram diminuição do infiltrado inflamatório com formação cicatricial regular quando o ultrassom foi iniciado no 7º dia pós-operatório.

Entretanto, estudos que utilizaram tempos diferentes para aplicação do ultrassom nos tendões de Aquiles em ratos, demonstraram que a mesma foi benéfica tanto nos estágios iniciais do reparo, como para a manutenção do resultado na fase tardia, porém utilizando frequências diferentes da utilizada em nosso estudo<sup>8,10,19</sup>. Além disso, Jackson et al.<sup>8</sup>,

utilizaram a aplicação do ultrassom de modo subaquático, o que pode ter definido seus resultados.

## CONCLUSÃO

A aplicação do ultrassom iniciado no 1º PO, com frequência de 3MHz, intensidade de 0,4W/cm<sup>2</sup> (SATA) com ciclo de trabalho de 20% por 6 minutos não interferiu no processo de reparo tecidual após a tenorrafia dos tendões flexores em coelhos neste estudo. Contudo, estudos com outros modelos animais e que avaliem diferentes parâmetros para a utilização do ultrassom são necessários para definir o efeito do ultrassom na cicatrização de tendões flexores.

## REFERÊNCIAS

1. Blume K, Matsuo E, Lopes MS, Lopes LG. Dosimetria proposta para o tratamento por ultrassom - uma revisão de literatura. *Fisioter Mov.* 2009;18(3):55-64.
2. Acevedo B, Millis DL, Levine D, Guevara JL. Effect of therapeutic ultrasound on calcaneal tendon heating and extensibility in dogs. *Front Vet Sci.* 2019;6:185.
3. Logan CA, Asnis PD, Provencher MT. The role of therapeutic modalities in surgical and nonsurgical management of orthopaedic injuries. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017 Aug;25(8):556-68.
4. Katzap Y, Haidukov M, Berland OM, Itzhak RB, Kalichman L. Additive effect of therapeutic ultrasound in the treatment of plantar fasciitis: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;48(11):847-55.
5. Ng GY, Fung DT. The effect of therapeutic ultrasound intensity on the ultrastructural morphology of tendon repair. *Ultrasound Med Biol.* 2007;33(11):1750-54.
6. Olsson DC, Martins VMV, Pippi NL, Mazzanti A, Tognoli GK. Ultra-som terapêutico na cicatrização tecidual. *Ciência Rural* 2008; 38(4):1199-207.
7. Romano CVG, Barbieri CH, Mazzer N, Volpon J, Shimano AC, Roncaglia FB. O ultrassom terapêutico não aumentou as propriedades mecânicas de tendões flexores após reparo. *Acta Ortop Bras.* 2010;18(1):10-4.
8. Jackson BA, Schwane JA, Starcher BC. Effect of ultrasound therapy on the repair of Achilles tendon injuries in rats. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(2):171-76.
9. Gan BS, Huys S, Sherebrin MH, Scillely CG. The effects of ultrasound treatment on flexor tendon healing in the chicken limb. *J Hand Surg Br.* 1995;20(6):809-14.
10. Ng GY, Ng CO, See EK. Comparison of therapeutic ultrasound and exercises for augmenting tendon healing in rats. *Ultrasound Med Biol.* 2004;30(11):1539-43.
11. Matheus JPC, Oliveira FB, Gomide LB, Milani JGPO, Volpon JB, Shimano AC. Efeitos do ultrassom terapêutico nas propriedades mecânicas do músculo esquelético após contusão. *Rev bras fisioter.* 2008;12(3):241-47.
12. Barros Júnior EA, Matias Júnior I, Capelosi GV, Vieira MCDV. Relação entre a técnica de sutura e a reabilitação no pós-operatório de tenorrafia dos flexores de dedos da mão: revisão da literatura. *Saúde.* 2015;4(1):55-72.
13. Turner SM, Powell ES, Ng CS. The effect of ultrasound on the healing of repaired cockerel tendon: is collagen cross-linkage a factor? *J Hand Surg Br.* 1989;14(4):428-33.
14. Venkatramani H, Varadharajan V, Bhardwaj P, Vallurupalli A, Sabapathy SR. Flexor tendon injuries. *J Clin Orthop Trauma.* 2019;10(5):853-61.
15. Santos CA, Fialho HSA, Pinto JA, Alves MTS. Influência do ultrassom terapêutico na epífise de crescimento ósseo de coelhos. *Fisioter Pesq.* 2005;12(2):13-21.
16. Fréz AR, Ariza D, Ferreira JRL, Alves EPB, Breda GR, Centenaro LA et al. Efeito do ultrassom terapêutico contínuo em placas epifisárias de coelhos. *Rev Bras Med Esporte.* 2006;12(3):150-52.
17. Sardenberg T, Muller SS, Coelho KIR, Varanda D, Cortopassi AC, Pereira GJC. Lesão do tendão flexor: sutura na região avascular ou vascularizada? Estudo biomecânico e histopatológico em coelhos. *Rev Bras Ortop.* 2019;54(3):268-74.
18. Enwemeka CS, Rodriguez O, Mendosa S. The biomechanical effects of low-intensity ultrasound on healing tendons. *Ultrasound Med Biol.* 1990;16(8):801-7.
19. Tsai WC, Tang ST, Liang FC. Effect of therapeutic ultrasound on tendons. *Am J Phys Med Rehabil.* 2011;90(12):1068-73.

## CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

**Abimael Caetano do Nascimento**  
Claretiano Centro Universitário  
14300-000 Batatais-SP, Brasil  
Email: abinascto@gmail.com

Submetido em 20/12/2020

Aceito em 23/12/2020