

# ULTRA-SOM TERAPÊUTICO E IMOBILIZAÇÃO NA REPARAÇÃO DO TRAUMA MUSCULAR

## THERAPUTIC ULTRASOUND AND IMMOBILIZATION IN MUSCULAR TRAUMA REPAIR

FABRÍCIO BORGES OLIVEIRA<sup>1</sup>, ANTÔNIO CARLOS SHIMANO<sup>2</sup>, CELSO HERMÍNIO FERRAZ PICADO<sup>2</sup>

### RESUMO

**Introdução:** Avaliamos os efeitos do ultra-som terapêutico (UST), adicionado ou não à imobilização gessada (IG), como forma de tratamento à lesão muscular por impacto analisando as propriedades mecânicas de alongamento e carga nos limites de proporcionalidade e máximo, rigidez (R) e resiliência do músculo gastrocnêmio. **Metodologia:** Utilizamos 70 ratas divididas em 7 grupos: Grupo 1—Controle; Grupo 2—Sem tratamento, Grupo 3—IG por 24 horas; Grupo 4—IG por 72 horas; Grupo 5—UST sem presença de IG; Grupo 6—IG por 24 horas associada ao UST; Grupo 7—IG por 72 horas associada ao UST. **Resultados:** As propriedades de carga no limite de proporcionalidade e carga máxima mostraram que o grupo estimulado com o UST comportou-se de modo semelhante ao grupo controle. A propriedade de alongamento no limite de proporcionalidade não diferenciou os grupos; o alongamento máximo do grupo estimulado com (UST) e dos grupos imobilizados por 72 horas foram comparáveis ao grupo controle. **Conclusão:** O grupo estimulado (UST) apresentou rigidez similar ao grupo controle e resiliência superior a todos os grupos. A utilização isolada do UST forneceu resultados similares àqueles considerados como normais, o mesmo não sendo observado quando o UST foi associado à IG.

**Descritores:** Lesão muscular. Imobilização. Ultra-som terapêutico. Biomecânica.

**Citação:** Oliveira FB, Shimano AC, Picado CHF. Ultra-som terapêutico e imobilização na reparação do trauma muscular. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2009; 17(3):167-170. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>

### INTRODUÇÃO

Atualmente diferentes alternativas terapêuticas vêm sendo propostas visando à recuperação total do paciente portador de lesões musculares no menor tempo possível, devolvendo-lhe assim a condição física funcional normal e possibilitando um melhor rendimento físico.<sup>1</sup>

O UST é utilizado no tratamento de tecidos moles há mais de seis décadas, sendo atualmente um recurso muito utilizado na prática fisioterápica<sup>2</sup>, e o mais utilizado para o tratamento das lesões dos tecidos moles.<sup>3</sup>

Os efeitos do UST sobre o processo de reparação muscular em lesões experimentais vêm sendo estudado em diferentes aspectos. Stratton, Heckmann e Francis<sup>4</sup> utilizaram diferentes intensidades do ultra-som terapêutico para avaliação histoquímica dos seus efeitos frente o processo de reparação de lesões musculares por contusão e consideraram ser benéfico à aplicação do ultra-som.

Rantanen et al.<sup>5</sup> concluíram que o ultra-som terapêutico acelera a

### SUMMARY

**Introduction:** We assessed the effects of therapeutic ultrasound (TUS), either added to cast immobilization (CI) as a treatment alternative to muscular injuries caused by impact by assessing the mechanical properties of stretching and load at proportionality and maximum limit, stiffness (S) and gastrocnemius muscle resiliency. **Methods:** 70 female rats were employed in the study, and the animals were divided into 7 groups: Group 1- Control; Group 2- Untreated; Group 3- CI for 24 hours; Group 4- CI for 72 hours; Group 5- TUS without CI; Group 6- CI for 24 hours combined with TUS; Group 7- CI for 72 hours combined with TUS. **Results:** Loads at proportionality limit and maximum limit showed that the group receiving TUS behaved similarly to control group. The property of stretching at proportionality limit was not different from one group to another; the maximum stretching of the group receiving TUS and of the groups immobilized for 72 hours was comparable to control group. **Conclusion:** The group receiving TUS showed similar stiffness levels compared to control group and superior resiliency compared to all remaining groups. The standalone use of TUS provided similar results to those regarded as normal, but these were not noticed when TUS was combined to CI.

**Keywords:** Muscle injury. Immobilization. Therapeutic ultrasound. Biomechanics.

**Citation:** Oliveira FB, Shimano AC, Picado CHF. Therapeutic ultrasound and immobilization in muscular trauma repair. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2009; 17(3):167-170. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>

reparação muscular após contusão promovendo a proliferação significativa de células satélites para o sítio da lesão.

Menezes et al.<sup>6</sup> aplicaram o ultra-som terapêutico em lesão muscular experimental por esmagamento, obtiveram seus resultados através de ensaios mecânicos e concluíram que pareceu haver melhora da qualidade da reparação da lesão. Os músculos lesados não foram tratados com imobilização prévia.

Karnes e Burton<sup>7</sup> encontraram melhora significativa do grau de força muscular, em lesão provocada por contração excêntrica repetitiva, quando estimulou a lesão com ultra-som terapêutico.

Järvinen<sup>8</sup> e Järvinen et al.<sup>9</sup> demonstraram os efeitos benéficos da imobilização inicial como parte do tratamento do músculo lesado.

Järvinen et al.<sup>10</sup> preconizaram o repouso como forma de tratamento imediato à lesão muscular, acompanhado de frio local, compressão e elevação do membro lesado, sendo este método amplamente empregado na prática diária.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

1. Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos - USP Centro Universitário do Planalto de Araxá-UNIARAXA, MG, Brasil.

2. Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP, SP, Brasil.

Endereço para Correspondência: Rua Nossa Senhora do Carmo, 95 – Centro Araxá –MG – Brasil - CEP :38183-136 e-mail: [fabricioborges@yahoo.com](mailto:fabricioborges@yahoo.com)

Não encontramos na literatura trabalhos que correlacionem os efeitos do ultra-som terapêutico com a imobilização gessada sobre a reparação muscular e as respectivas propriedades mecânicas. Nosso objetivo foi avaliar a influência do UST, adicionado ou não à imobilização gessada, pós-trauma imediato, no processo de reparação muscular, através da análise das propriedades mecânicas das fibras musculares do gastrocnêmio.

## MATERIAIS E METODOS

### Animais de experimentação

Foram utilizadas 70 ratas, albinas, da linhagem Wistar, com peso corporal de  $204 \pm 15$ g, com idade aproximada entre 10 e 12 semanas. Esses animais foram separados e mantidos em gaiola de contenção de plástico, com livre acesso à água e ração, ficando expostos a ciclos de 12h claro e 12h escuro, até a produção da lesão experimental.

Todos os procedimentos experimentais do estudo encontraram-se em conformidade com normas e princípios éticos na experimentação animal, aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade de São Paulo - Campus Ribeirão Preto. Os animais foram divididos em 7 grupos experimentais, de acordo com o protocolo de tratamento a ser adotado.

### Grupo 1 - Controle (N=10)

Os animais deste grupo não sofreram qualquer lesão, ficando mantidos em gaiolas de contenção por um período de 7 dias.

### Grupo 2 - Sem tratamento (N=10)

Estes animais tiveram o músculo gastrocnêmio submetido à produção da lesão experimental aguda por mecanismo de impacto, no entanto, após a realização do trauma não fizeram uso de nenhum recurso terapêutico, permanecendo 7 dias em suas gaiolas de contenção com movimentação ativa livre.

### Grupo 3 - Imobilizado por 24 horas (N=10)

Após a produção da lesão experimental aguda este grupo de animais foi imobilizado por 24 horas, por meio de aparelho gessado incluindo as articulações do quadril, joelho e tornozelo direito. Concluído este período, foi removida a imobilização gessada e os animais permaneceram em suas gaiolas de contenção por mais 6 dias.

### Grupo 4 - Imobilizado por 72 horas (N=10)

Neste grupo experimental os animais também tiveram o músculo gastrocnêmio submetido ao processo de produção de lesão e imobilizados seguindo o mesmo protocolo do grupo 3, no entanto, por um período de 72 horas. Concluído este período, foi removida a imobilização gessada e os animais permaneceram em suas gaiolas de contenção por mais 4 dias.

### Grupo 5 - Estimulação com UST (N=10)

Após a produção da lesão muscular, os animais permaneceram em suas gaiolas de contenção por 24 horas, concluído este período estes foram estimulados com ultra-som terapêutico pulsado (UST) por 5 minutos durante 6 dias consecutivos.

### Grupo 6 - Imobilizado por 24 horas e estimulação com UST (N=10)

Os animais deste grupo foram submetidos ao processo de produção da lesão muscular, sendo imediatamente submetidos à imobilização por meio de aparelho gessado. Após este período, estes animais foram retirados da imobilização gessada e estimulados com ultra-som terapêutico pulsado (UST) por 5 minutos durante 6 dias consecutivos.

### Grupo 7 - Imobilizado por 72 horas e estimulação com UST (N=10)

Os animais foram submetidos à produção da lesão muscular, sendo imediatamente imobilizados. Após 24 horas de imobilização,

iniciou-se a estimulação da área lesada, acessada através de uma janela no gesso, com ultra-som terapêutico pulsado (UST) por 5 minutos durante 6 dias consecutivos.

### Contusão experimental

Foi confeccionado um instrumento capaz de produzir uma lesão muscular por mecanismo de impacto através da liberação de uma carga de 200g, a uma altura de 30 cm, sobre o músculo gastrocnêmio, estando o animal posicionado adequadamente sobre uma superfície metálica na base do aparelho. Este instrumento foi desenvolvido no laboratório de Bioengenharia da Universidade de São Paulo, sendo o mesmo utilizado por Oliveira et al.<sup>11</sup> e consiste em uma adaptação de modelos descritos por Stratton et al.<sup>4</sup> e Minamoto et al.<sup>12</sup>

Todos os animais foram previamente anestesiados com Thiopental® - Thiopental Sódico - na dose de 4 mg/100g - administrado via intraperitoneal. Os animais foram imobilizados manualmente, sendo posicionados em decúbito ventral, com a articulação coxo-femoral em extensão e em contato direto com a superfície metálica, tomando-se o cuidado de manter a extensão máxima do joelho e a dorsiflexão a 90° do tornozelo. (Figura 1 - A e B)

Os animais foram submetidos a um único trauma e imediatamente separados de acordo com o seu grupo experimental.

### Imobilização Gessada

Após a realização da lesão experimental, os animais dos grupos experimentais 3, 4, 6 e 7 ainda anestesiados foram imobilizados por aparelho gessado confeccionado com atadura gessada de secagem rápida, aplicada de maneira convencional.

O modelo de imobilização gessada adotada neste estudo baseou-se em um método proposto por Booth e Kelso.<sup>13</sup> Esta imobilização incluiu desde a região torácica, abrangendo quadril e joelho em total extensão até a articulação do tornozelo que ficou posicionada em flexão plantar.

Nos animais do grupo 7 foi criada uma janela circular de 16 mm de diâmetro no aparelho gessado, sobre a área muscular lesada, de modo a permitir o emprego do UST.

A terapia ultra-sônica foi iniciada 24 horas após a lesão muscular e a remoção da imobilização gessada ocorreu conforme estabelecido pelo protocolo nos diferentes grupos experimentais.

Os animais foram submetidos a sessões diárias de aplicação do ultra-som terapêutico na modalidade pulsada de frequência modulada de 100Hz, com ciclo de trabalho de 1:5 (2ms ON e 8ms OFF - 20%), frequência de 1MHz e intensidade de 0,5 W/cm<sup>2</sup> (*Spatial Average Temporal Average*), durante 6 dias consecutivos por 5 minutos diários, sendo realizada no mesmo período do dia.

O ultra-som foi aplicado diretamente na região muscular acometida, por meio do cabeçote de ERA de 1,5 cm<sup>2</sup>, com utilização de um gel hidrossolúvel para excluir o ar entre as interfaces.

### Preparação do músculo gastrocnêmio

Após 7 dias os animais de cada grupo experimental foram mortos por parada cardio-respiratória após a administração de doses excessivas do anestésico. O membro inferior direito foi removido por desarticulação do quadril. Foi retirada a tíbia e as demais partes

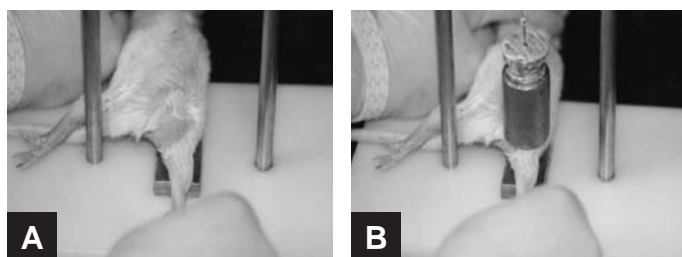


Figura 1- (A) Posicionamento do músculo gastrocnêmio para produção da lesão experimental. (B) Simulação da carga de impacto na posição final sobre o músculo gastrocnêmio.

moles da perna direita com o cuidado necessário para manter-se apenas o músculo gastrocnêmio e suas inserções ósseas no fêmur distal e calcâneo, sem provocar lesões adicionais à ele. Deste modo criaram-se os espécimes que foram submetidos aos ensaios mecânicos.

### Ensaio mecânico

As propriedades mecânicas dos espécimes foram obtidas por ensaios de tração longitudinal na Máquina Universal de Ensaio do Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP.

Foi utilizada célula de carga com capacidade de 50kgf, a qual apresenta uma interface direta a um computador que possui *software* de automação de ensaios mecânicos, sendo possível comparar precisamente as cargas e alongamentos obtidos através de cada ensaio mecânico.

Foi aplicada uma pré-carga de 200g, com um tempo de acomodação de 30 segundos e velocidade de aplicação de carga estabelecida em 10mm/minuto. (Figura 2 - A e B)

Foram construídos gráficos de carga versus alongamento a partir dos resultados de cada ensaio, sendo possível determinar as propriedades mecânicas de carga e alongamento no limite de proporcionalidade, carga e alongamento no limite máximo, rigidez e resiliência para cada espécime. (Figura 3)

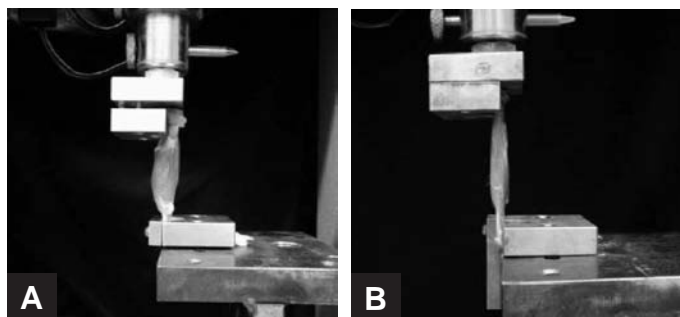


Figura 2 - (A) Posicionamento do espécime coletado, juntamente com os acessórios utilizados para a fixação na máquina universal de ensaios. (B) Simulação do ensaio mecânico de tração longitudinal do músculo gastrocnêmio coletado.

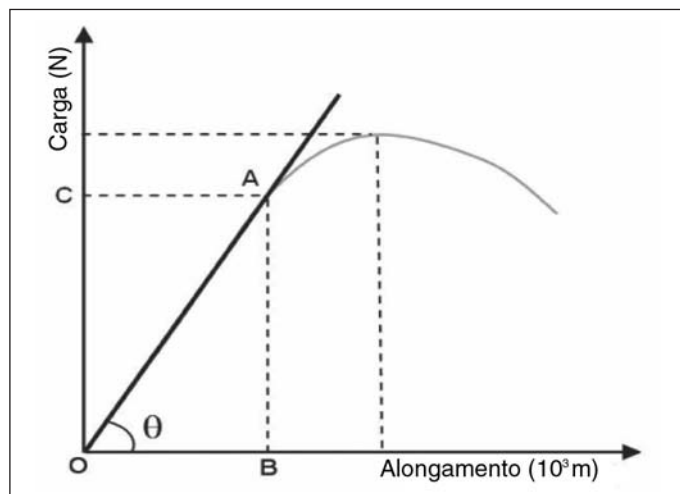


Figura 3 - Curva carga versus alongamento obtido no ensaio mecânico, onde são retiradas as propriedades mecânicas avaliadas.

Os dados obtidos foram analisados através do teste para uma variância - ANOVA, e para comparação entre os grupos o teste de Student-Newman-Keuls, ambos com níveis de significância estabelecidos em 5%, e processados utilizando-se do programa InStat Graphpad®, v.3.00.

## RESULTADOS

Os resultados encontrados de cada espécime foram somados e calculadas as médias aritméticas e seus desvios-padrão utilizando-se do software da marca Microsoft® Excel® 2000 para cada grupo experimental.

Os dados foram processados utilizando-se do programa InStat Graph-Pad®, v.3.00 para a realização da análise estatística dos resultados encontrados entre os diferentes grupos.

### Alongamento no limite de proporcionalidade

Os valores médios encontrados para o alongamento no limite de proporcionalidade para o grupo controle foi de  $(4,48 \pm 0,88) \times 10^{-3}$  m, para o grupo 2 de  $(6,36 \pm 2,28) \times 10^{-3}$  m, para o grupo 3 de  $(4,78 \pm 1,22) \times 10^{-3}$  m, grupo 4 de  $(4,91 \pm 1,46) \times 10^{-3}$  m, grupo 5 de  $(5,60 \pm 0,65) \times 10^{-3}$  m, grupo 6 de  $(5,14 \pm 1,72) \times 10^{-3}$  m e grupo 7 de  $(4,73 \pm 1,10) \times 10^{-3}$  m. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na análise simultânea dos grupos experimentais ( $p > 0,05$ ).

### Carga no limite de proporcionalidade

Os valores médios encontrados para carga no limite de proporcionalidade para o grupo controle foram de  $(17,77 \pm 2,10)$  N, grupo 2 de  $(13,50 \pm 3,80)$  N, grupo 3 de  $(13,86 \pm 2,66)$  N, grupo 4 de  $(14,21 \pm 5,03)$  N, grupo 5 de  $(19,80 \pm 3,60)$  N, grupo 6 de  $(14,10 \pm 2,80)$  N e para o grupo 7 de  $(14,08 \pm 3,05)$  N. Os resultados encontrados apresentaram diferença estatística significativa na análise simultânea dos grupos experimentais com  $p < 0,0001$ . Não foi observada diferença estatística significativa na comparação entre os grupos 1 e 6. Nas comparações realizadas entre os grupos 1 e 5 com os demais grupos experimentais foram observadas diferenças estatisticamente significativas.

### Alongamento Máximo

Os valores médios encontrados para o alongamento máximo para o grupo controle foi de  $(11,66 \pm 2,23) \times 10^{-3}$  m, grupo 2 de  $(8,91 \pm 2,04) \times 10^{-3}$  m, grupo 3 de  $(8,83 \pm 1,04) \times 10^{-3}$  m, grupo 4 de  $(10,43 \pm 1,45) \times 10^{-3}$  m, grupo 5 de  $(10,44 \pm 1,58) \times 10^{-3}$  m, grupo 6 de  $(9,82 \pm 3,21) \times 10^{-3}$  m e para o grupo 7 de  $(16,66 \pm 1,49) \times 10^{-3}$  m. A comparação dos resultados encontrados para esta propriedade demonstraram diferença estatística significativa com  $p < 0,0001$ . Não foram observadas diferenças estatísticas nas comparações entre os grupos, com exceção para o grupo 7.

### Carga Máxima

Os valores médios encontrados para a propriedade de carga máxima foi para o grupo controle de  $(31,6 \pm 2,7)$  N, grupo 2 de  $(17,7 \pm 3,7)$  N, grupo 3 de  $(22,0 \pm 2,9)$  N, para o grupo 4 de  $(21,5 \pm 3,1)$  N, grupo 5 de  $(28,7 \pm 2,7)$  N, grupo 6 de  $(18,2 \pm 5,0)$  N e para o grupo 7 de  $(22,5 \pm 2,3)$  N. Na análise estatística dos valores médios obtidos de carga máxima foi observado diferença estatística significativa na análise simultânea dos grupos experimentais com  $p < 0,0001$ . Não foi observado diferença estatística significativa na comparação entre os grupos 1 e 5 e nem entre os grupos 2,3,4,6 e 7.

### Rigidez

O valor médio encontrado de rigidez para o grupo controle foi de  $(4,047 \pm 0,707) \times 10^3$  N/m, para o grupo 2 de  $(2,239 \pm 0,584) \times 10^3$  N/m, grupo 3 de  $(2,990 \pm 0,547) \times 10^3$  N/m, grupo 4 de  $(2,808 \pm 0,306) \times 10^3$  N/m, grupo 5 de  $(3,658 \pm 0,676) \times 10^3$  N/m, grupo 6 de  $(2,860 \pm 0,503) \times 10^3$  N/m e para o grupo 7 de  $(3,205 \pm 0,492) \times 10^3$  N/m. A comparação da rigidez evidenciou a presença de diferença estatística significativa para a análise simultânea com  $p < 0,0001$ . Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na comparação entre os grupos 1 e 5 e nas demais comparações entre os grupos 2, 3, 4, 6 e 7.

### Resiliência

O valor médio encontrado de resiliência para o grupo controle foi de  $(40,3 \pm 11,7) \times 10^{-3}$  J, para o grupo 2 de  $(37,1 \pm 16,8) \times 10^{-3}$  J,



grupo 3 de  $(34,2 \pm 14,4) \times 10^{-3}$  J, o grupo 4 de  $(37,9 \pm 24,4) \times 10^{-3}$  J, grupo 5 de  $(57,2 \pm 13,5) \times 10^{-3}$  J, grupo 6 de  $(37,9 \pm 19,0) \times 10^{-3}$  J e para o grupo 7 de  $(36,8 \pm 15,36) \times 10^{-3}$  J. Na comparação da resiliência mostrou que houve diferença estatística significativa na análise simultânea dos grupos experimentais com  $p < 0,05$ . Foram observadas diferenças estatísticas significativas nas comparações entre os grupo 5 com os demais grupos.

## DISCUSSÃO

A mensuração das propriedades mecânicas consiste em uma ferramenta de grande utilidade, pois fornece conhecimentos relevantes sobre as conseqüentes adaptações e alterações nas diferentes demandas funcionais.<sup>14</sup>

O fato dos ensaios mecânicos realizados serem destrutivos e devido à dificuldade de se mensurar adequadamente a área de secção transversal no local da lesão muscular fez em que optássemos por avaliar os dados através da curva carga versus alongamento e não pela tensão versus deformação.

Devemos considerar que a reparação da lesão muscular faz-se por células que formam novas fibras musculares ou por células que formam tecido fibroso no local da lesão. Não encontramos na literatura qualquer citação a respeito do comportamento do músculo reparado, relacionando o valor obtido nos testes mecânicos e o tipo de tecido de reparação. Não sabemos se a recuperação da capacidade de suportar carga pelo músculo lesado está relacionado a um reparo cicatricial fibroso, ou se esta recuperação mecânica relaciona-se a uma melhor recuperação biológica do músculo. Experimentalmente foi demonstrado que após o 1º dias do trauma os músculos testados em tensão mostraram ruptura na parte intacta do músculo, sugerindo que o tecido regenerado adquiriu resistência maior que a do tecido muscular que rompeu.<sup>4,15,16</sup>

Nosso ensaio mecânico foi realizado no 7º dia enquanto Menezes et al.<sup>6</sup> realizaram seus ensaios no 13º dia pós-lesão. Também diferenciamos destes autores quanto ao músculo lesado e o tipo de lesão, uma vez que eles utilizaram o músculo reto anterior da coxa esmagado e nós produzimos trauma direto sobre a panturrilha que provocou uma lesão experimental do músculo gastrocnêmio.

A vantagem de usar o músculo gastrocnêmio vem do fato que podemos isolá-lo com suas inserções ósseas, o que permite que seja preso à máquina de teste de forma segura, evitando as freqüentes solturas quando o músculo é diretamente fixado as presilhas.

Também diferenciamos de Menezes et al.<sup>6</sup> em relação a velocidade de aplicação no ensaio de tração, sendo a nossa de 10mm/minuto e a dos referidos autores de 4,5 mm/minuto.

## REFERÊNCIAS

1. Lopes AS Kattan R, Costa S, Moura CE, Lopes RS. Diagnóstico e tratamento das contusões musculares. *Rev Bras Ortop.* 1995;30:744-52.
2. Warden SJ, Mcmeeken JM. Ultrasound usage and dosage in sports physiotherapy. *Ultrasound Med Biol.* 2002;28:1075-80.
3. Young SR, Dyson M. The effect of therapeutic ultrasound on angiogenesis. *Ultrasound Med Biol.* 1990;16:261-9.
4. Stratton SA, Heckmann R, Francis RS. Therapeutic ultrasound, its effects on the integrity of a nonpenetrating wound. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1984;5:278-81.
5. Rantanen J, Thorsson O, Wollmer P, Hurme T, Kalimo H. Effects of therapeutic ultrasound on the regeneration of skeletal myofibers after experimental muscle injury. *Am J Sports Med.* 1999; 27:54-9.
6. Menezes D.F, Volpon JB, Shimano AC. Aplicação do ultra-som terapêutico em lesão muscular experimental aguda. *Rev Bras Fisioter.* 1999;4:27-31.
7. Karnes JL, Burton HW. Continuous therapeutic ultrasound accelerates repair of contraction induced skeletal muscle damage in rats. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83:1-4.
8. Järvinen MJ. Immobilization effect on the tensile properties of striated muscle: an experimental study in the rat. *Arch Phys Med Rehabil.* 1977; 58:123-7.
9. Järvinen MJ, Aho AJ, Lehto M, Toivonen H. Age dependent repair of muscle rupture. A histological and microangiographical study in rats. *Acta Orthop Scand.* 1983;54:64-74.

A propriedade carga no limite de proporcionalidade mostrou resultados favoráveis ao uso do ultra-som terapêutico tanto no nosso trabalho quanto naquele realizado por Menezes et al.<sup>6</sup> Entretanto, nós obtivemos resultados favoráveis ao uso do ultra-som também para a propriedade de carga máxima o que não foi encontrado no trabalho realizado por eles.

Também em relação ao alongamento nossos resultados são contraditórios, uma vez que nossos testes não diferenciaram nossos grupos quanto ao alongamento no limite de proporcionalidade como foi diferenciado o grupo de Menezes et al.<sup>6</sup> O alongamento máximo não diferenciou os grupos destes autores, mas nosso trabalho o grupo estimulado com ultra-som e também o imobilizado por 72 horas forneceu resultados que igualaram estes grupos ao grupo controle. Os resultados encontrados em nosso trabalho são similares àqueles de Menezes, et al.<sup>6</sup> quanto os valores de resiliência (energia absorvida na fase elástica) e diferentes em relação ao de rigidez.

Para o processo de reabilitação e reparação muscular é imprescindível a propriedade de rigidez, pois os músculos com menor rigidez se alongam mais com presença de cargas menores.<sup>10</sup>

É difícil justificar a discrepância de resultados, que pode ser atribuído ao fato de termos utilizado diferentes músculos, diferentes tipos de fixação à máquina de ensaio e diferentes tempo de tratamento após a lesão. No entanto, em nosso trabalho existe uma tendência dos resultados a favorecer os grupos que foram tratados com ultra-som e esta mesma tendência é notada no trabalho de Menezes et al.<sup>6</sup>, embora não nas mesmas propriedades mecânicas analisadas.

Esperávamos que a imobilização inicial pós-trauma, por um curto período, viesse a favorecer os resultados de recuperação da resistência mecânica destes músculos quando associada ao ultra-som terapêutico e isto não ocorreu.

## CONCLUSÃO

A utilização isolada do UST forneceu resultados similares aqueles considerados como normais nos ensaios de carga no limite de proporcionalidade e carga máxima. A associação do UST à imobilização gessada por 72 horas forneceu resultados comparáveis ao grupo controle somente para a propriedade de alongamento máximo. Nossos resultados sugerem que a associação da imobilização e do ultra-som como tratamento coadjuvante não traz benefícios quanto a recuperação muscular mensuradas por ensaios mecânicos. Estes resultados obtidos em animais de laboratório não devem ser diretamente extrapolados para a prática clínica diária, servindo principalmente como base para novas pesquisas.

10. Järvinen MJ, Einola SA, Virtanen EO. Effect of the position of immobilization upon the tensile properties of the rat gastrocnemius muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:253-7.
11. Oliveira FB, Abrahao GS, Carvalho LC, Shimano AC, Volpon JB, Picado CHF. Os efeitos do ultra-som terapêutico auxiliado a imobilização gessada nas propriedades mecânicas da reparação muscular. Estudo experimental em ratas. *Rev Hosp Clin Fac Med de Ribeirão Preto USP.* 2003;36:23-4.
12. Mimamoto VB, Grazziano CR, Salvini TF. Effect of single and periodical contusion on the rat soleus muscle at different stages of regeneration. *Anat Rec.* 1999;254:281-7.
13. Booth FW, Kelso JR. Production of rat muscle atrophy by cast fixation. *J Appl Physiol.* 1973;34:404-6.
14. Caiozzo VJ. Plasticity of skeletal muscle phenotype: mechanical consequences. *Muscle Nerve.* 2002;26:740-68.
15. Crisco JJ, Jokl P, Heinen GT, Connell MD, Panjabi MM. A muscle contusion injury model. Biomechanics, physiology, and histology. *Am J Sports Med.* 1994;22:702-10.
16. Järvinen MJ. Healing of a crush injury in rat striated muscle. Part.2. A histological study of the effect of early mobilization and immobilization on the repair processes. *Acta Pathol Microbiol Scand Am.* 1975;83:269-82.