

# AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DO MÚSCULO GASTROCNÊMIO SUBMETIDO À LESÃO POR IMPACTO E TRATADO COM CRIOTERAPIA

## (EVALUATION BIOMECHANICAL OF GASTROCNEMIUS MUSCLE SUBMITTED TO LESION BY IMPACT AND TREATED WITH CRYOTHERAPY)

Eduardo Elias Vieira de Carvalho 1; Douglas Reis Abdalla 2; Valéria Regina Silva 3; Leonardo César Carvalho 4

1 Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Ribeirão Preto – SP.  
carvalhoeev@usp.br

2 Universidade Federal do Triângulo Mineiro – Uberaba – MG.  
jacozzinho@hotmail.com

3 Universidade de Uberaba – Uberaba – MG.  
valerinhaeducafisio@hotmail.com

4 Universidade Federal de Alfenas – Alfenas – MG.  
leoncesa@hotmail.com

**Abstract:** We investigate the mechanical properties of the gastrocnemius (MG) of rats subjected to injury and treated with cryotherapy. 32 rats were divided into control group (CG); injured group (LG); 12h treated group (GT12) and 24h treated group (GT24). After the injury was applied ice for 20 minutes every two hours. There was a reduction in mean stretching at proportional limit and maximum (SPL/M) ( $16 \pm 0.5 \times 10^{-3} m$  /  $11.66 \pm 3.6 \times 10^{-3} m$ ;  $p < 0.01$ ) and ( $19.06 \pm 0.9 \times 10^{-3} m$  /  $16.07 \pm 3.7 \times 10^{-3} m$ ,  $p < 0.05$ ) respectively, and increased stiffness ( $1.78 \pm 0.19 \times 10^3 N/m$  /  $2.82 \pm 0.4 \times 10^3 N/m$ ;  $p < 0.001$ ) between CG and LG, with improvement in GT12 and GT24. The lesion induced a decrease in capacity of SPL/M and increased stiffness. However, cryotherapy was able to restore these properties.

**Key words:** gastrocnemius muscle; biomechanical properties; cryotherapy.

**Resumo:** Objetivamos avaliar as propriedades mecânicas do Músculo Gastrocnêmio (MG) de ratas, submetido a lesão e tratado com crioterapia. 32 ratas foram divididas em Grupo Controle (GC); Grupo Lesado (GL); Grupo Tratado 12 horas (GT12); e Grupo Tratado 24 horas (GT24). Após a lesão foi aplicado gelo por 20 minutos a cada 2 horas. Observou-se queda na média do Alongamento no Limite Proporcional e Máximo (ALP/M) ( $16 \pm 0,5 \times 10^{-3} m$  /  $11,66 \pm 3,6 \times 10^{-3} m$ ;  $p < 0,01$ ) e ( $19,06 \pm 0,9 \times 10^{-3} m$  /  $16,07 \pm 3,7 \times 10^{-3} m$ ;  $p < 0,05$ ) respectivamente e aumento na Rigidez ( $1,78 \pm 0,19 \times 10^3 N/m$  /  $2,82 \pm 0,4 \times 10^3 N/m$ ;  $p < 0,001$ ) entre GC e GL, com melhora nos GT12 e GT24. A lesão induziu queda da capacidade de ALP/M e aumento da Rigidez. No entanto, a crioterapia foi capaz de restabelecer estas propriedades.

**Palavras-chave:** músculo gastrocnêmico; propriedades biomecânicas; crioterapia.

## INTRODUÇÃO

Para haver uma intervenção terapêutica de modo efetivo os estudos que envolvem a mecânica corporal e seus adjuvantes são de extrema necessidade. O conhecimento biomecânico dos tecidos biológicos, em destaque para o sistema musculoesquelético, é parte fundamental para a elucidação das lesões e alterações nas capacidades adaptativas do tecido muscular (WHITING, 2001).

A lesão muscular é caracterizada por uma série de fatores, principalmente, pela alteração da morfologia tecidual intrínseca da fibra muscular e destruição da lâmina basal, processos estes caracterizados pela desorganização das miofibrilas nos sarcômeros, ruptura de mitocôndrias e retículos sarcoplasmáticos, interrupção da continuidade do sarcolema, alteração dos níveis de cálcio, autodigestão celular e necrose celular (HUARD, 2002).

O desenvolvimento de modelos experimentais de indução de lesão muscular é de extrema importância para a compreensão de todo o processo de regeneração muscular. Em caráter experimental, a lesão muscular pode ser por meio de pinçamento, exercícios, traumas diretos, isquemia, congelamento e por utilização de toxinas (GROUNDS, 1991).

Na prática fisioterápica utilizam-se técnicas não invasivas para a reabilitação de lesões. A crioterapia, ou também terapia com frio, é representada às mais variadas formas de aplicabilidade de substâncias que resultem na diminuição da temperatura dos tecidos, ou seja, o seu resfriamento para finalidades terapêuticas (DINIZ, 2001).

Todavia, frequentemente utilizada em programas de fisioterapia, os efeitos da crioterapia no tratamento de lesões musculares agudas não estão totalmente esclarecidos (KUBO, 2005; HUBBARD, 2004). Investigações no que diz respeito ao estudo das propriedades mecânicas musculares são relevantes, pois os músculos esqueléticos são providos de características estruturais que influenciam no seu comportamento frente à imposição de cargas, o que pode determinar a ocorrência ou agravamento de uma lesão (Cornwall, 1984). Sendo assim, o conhecimento das características de resistência de alguns materiais é importante na medicina ortopédica e esportiva, pois os materiais biológicos, tais como músculo, osso, tendão e cartilagem, muitas vezes, necessitam de otimização de suas resistências para evitar rupturas (MATHEUS, 2008).

Tendo em vista o reduzido acervo de trabalhos que abordem tal assunto, e a importância que este pode ter para estudos sobre lesão muscular, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar algumas propriedades mecânicas do músculo gastrocnêmio de ratas submetido a lesão por mecanismo de impacto e tratado com crioterapia durante a fase aguda.

## METODOLOGIA

Foram utilizadas 32 ratas da variedade Wistar, com massa corpórea média de  $249,57 \pm 16,91$ g, fornecidas pelo Biotério da Universidade de Uberaba e divididas em quatro grupos, sendo:

- Grupo Controle (GC – n=8): os animais deste grupo não sofreram nenhuma intervenção terapêutica. Foram submetidos à eutanásia e em seguida retirada do membro posterior direito, preservando a origem e inserção do músculo gastrocnêmio, para ensaio de tração longitudinal.
- Grupo Lesado (GL – n=8): os animais deste grupo foram inicialmente submetidos à lesão do músculo gastrocnêmio do membro posterior direito por mecanismo de impacto. Após a lesão permaneceram por 12 horas livres em gaiolas com água e ração *ad libitum*. Após transcorrido este período foram submetidos a eutanásia e os mesmos procedimentos de avaliação do GC.
- Grupo Tratado 12 Horas (GT12 – n=8): este grupo foi submetido à lesão por impacto no membro posterior direito e tratados com crioterapia por 12 horas, com aplicações de gelo

a cada duas horas por um período de 20 minutos cada aplicação. Nos intervalos de cada aplicação os animais permaneceram em gaiolas com água e ração *ad libitum*. Transcorrido 12 horas após a última aplicação de crioterapia, os animais foram submetidos a eutanásia e análise do músculo gastrocnêmio.

- Grupo Tratado 24 Horas (GT24 – n=8): foram submetidos ao mesmo mecanismo de lesão dos demais grupos e posteriormente tratado com crioterapia aplicada por 20 minutos de duas em duas horas por um período de 24 horas, sendo respeitado intervalo de overnight. Nos intervalos de cada aplicação os animais permaneceram em gaiolas com água e ração *ad libitum*. Obedecendo as mesmas condições do grupo GT12, em seguida eutanásia e avaliação do músculo gastrocnêmio.

Para realização da lesão, foi utilizado um aparelho proposto inicialmente por Stratton *et al.*(1984) e confeccionado por Oliveira (2004), com o intuito de provocar lesão por mecanismo de impacto direto em ratos. O equipamento consiste de duas hastes metálicas, com diâmetro de 10 mm, estabilizadas por uma barra superior perpendicular. Essas hastes são fixadas a uma base plástica, na qual é acoplada uma base metálica retangular de 12,25 cm<sup>2</sup>, que serviu para posicionamento do segmento pélvico do animal e apoio a queda livre do peso.

Os animais foram anestesiados com associação de cloridrato de quetamina (80 mg/kg) e cloridrato de xilazina (15 mg/kg), na dose de 0,6 ml da mistura para cada 100 gramas de massa corporal. Em seguida, o terço médio do gastrocnêmio da pata posterior direito dos animais foi tricotomizado e posicionado sobre a base metálica do equipamento, estando o animal em decúbito ventral, com extensão das articulações do quadril e joelho, e 90° de dorsoflexão de tornozelo.

Para dirigir a queda livre do peso e possibilitar que a contusão ocorresse sempre na mesma região, a carga liberada foi conduzida por um guia de acrílico transparente e por um fio, fixado sobre o peso e lançado centralmente, por meio de uma roldana acoplada a barra superior do equipamento.

Conforme metodologia descrita em outros trabalhos, foi estabelecida uma carga de 100 gramas, liberada de 30 centímetros de altura, diretamente sobre o músculo gastrocnêmico das ratas, de modo a produzir uma força de impacto no sítio da lesão de, aproximadamente, 294 Newton. Os animais foram submetidos a um trauma único e separados, conforme seu grupo experimental.

No ensaio mecânico do músculo gastrocnêmio foi utilizada uma máquina de ensaio EMIC ligada a um microcomputador equipado com o programa Tesc, capaz de captar os valores de carga e alongamento do músculo durante os ensaios mecânicos.

Os dados relativos às propriedades estudadas foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade de Kolmogorov Smirnov. Depois de constatada a normalidade de distribuição, foram utilizados os testes: Anova para análise simultânea dos grupos e Tukey-Kramer para comparação entre os grupos, adotando-se para os testes significância de 5%.

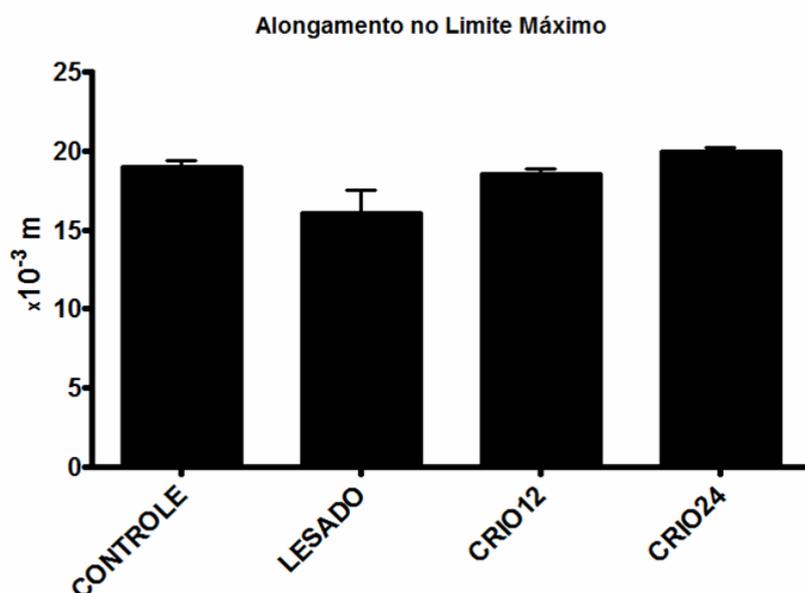
## RESULTADOS

### Alongamento no Limite Máximo

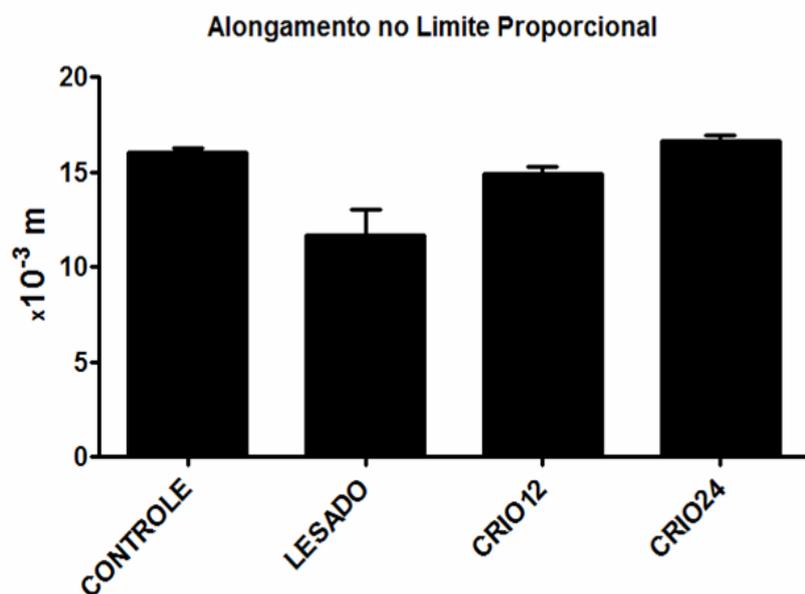
Na comparação dos grupos estudados foi observado na propriedade de Alongamento no Limite Máximo uma queda estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) do GC para o GL de  $19,06 \pm 0,9 \times 10^{-3}$ m para  $16,07 \pm 3,7 \times 10^{-3}$ m, que se reverteu após a aplicação da crioterapia nos GT12 ( $18,61 \pm 0,68 \times 10^{-3}$ m) e GT24 ( $19,99 \pm 0,69 \times 10^{-3}$ m) com  $p > 0,05$  para ambos os grupos em relação ao GC (Figura 1).

### Alongamento no Limite Proporcional

Na análise dos grupos para comparação do Alongamento no Limite Proporcional observou-se redução estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ), quando comparado os GC e GL, de  $16 \pm 0,5 \times 10^{-3} \text{m}$  para  $11,66 \pm 3,6 \times 10^{-3} \text{m}$ , com melhora após a técnica de crioterapia nos GT12 ( $14,9 \pm 1,01 \times 10^{-3} \text{m}$ ) e GT25 ( $16,66 \pm 0,7 \times 10^{-3} \text{m}$ ) com  $p > 0,05$  comparativamente ao GC em ambos os grupos (Figura 2).



**Figura 1:** Valores de Média e Desvio Padrão da propriedade Alongamento no Limite Máximo dos grupos estudados.



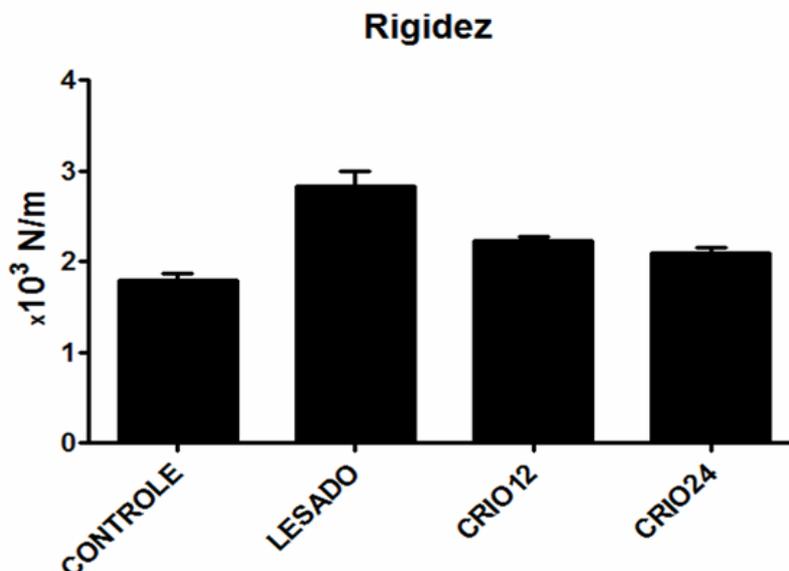
**Figura 2:** Valores de Média e Desvio Padrão da propriedade Alongamento no Limite Proporcional dos grupos estudados.

### Rigidez

Na Rigidez foi visto um aumento estatisticamente significativo ( $p < 0,001$ ) quando comparado os GC e GL de  $1,78 \pm 0,19 \times 10^3 \text{N/m}$  para  $2,82 \pm 0,4 \times 10^3 \text{N/m}$ , que se reverteu após a aplicação da crioterapia no GT24 ( $2,08 \pm 0,17 \times 10^3 \text{N/m}$ ) com  $p > 0,05$  em relação ao GC (Figura 3).

## DISCUSSÃO

De acordo com Guirro e colaboradores (1999), recomenda-se aplicação do frio durante 20 a 30 minutos com intervalo de duas horas nos tecidos moles lesados, esta técnica deve ser realizada durante as primeiras 24 a 48 horas após a lesão para minimizar o edema, espasmo muscular e dor.



**Figura 3: Valores de Média e Desvio Padrão da propriedade Rigidez dos grupos estudados.**

Denegar (2003), também em concordância com nosso protocolo de aplicação da técnica de crioterapia, afirmou que a colocação de gelo durante 20 a 30 minutos, repetida a cada duas horas é um uso eficiente e bem tolerado do frio no manejo das lesões musculoesqueléticas agudas.

A diminuição da dor ocorre através da redução na velocidade de condução nervosa após a aplicação da crioterapia. A transmissão pode ser reduzida em até 29,4% após uma aplicação do frio por 20 minutos, com a condução continuando deteriorada por até 30 minutos após ter sido removida a modalidade fria. Durante as aplicações na medicina esportiva, a diminuição do metabolismo é o efeito mais importante da aplicação do frio no tratamento imediato porque limita a hipóxia secundária a lesão. Outros efeitos são a diminuição do espasmo muscular e dor (KNIGHT, 2000).

Podemos encontrar na literatura um grande número de trabalhos que demonstra a efetividade da aplicação do gelo em lesões agudas para o controle da dor, espasmo muscular, hipóxia e dos processos inflamatórios envolvidos. Porém, ainda são escassos os trabalhos que demonstram a efetividade do frio no restabelecimento do tecido lesado.

Desta forma, os achados do nosso estudo demonstraram que os músculos lesionados apresentam diminuição das propriedades biomecânicas, Alongamento no Limite Máximo e Alongamento no Limite Proporcional, no entanto, estas propriedades foram restabelecidas nos grupos que receberam tratamento com aplicação de crioterapia, no local da lesão, por vinte minutos a cada duas horas, durante doze e vinte e quatro horas de tratamento. Outra propriedade biomecânica que se alterou foi a Rigidez, esta apresentou-se elevada no grupo de animais não tratados e manteve-se aumentada mesmo após o tratamento com crioterapia durante um período de doze horas de tratamento, porém, o grupo que ficou em tratamento por vinte e quatro horas, demonstrou melhora também desta propriedade.

Em um elegante estudo Matheus e colaboradores (2008), em concordância com nossos achados, demonstraram o efeito benéfico da aplicação de crioterapia em lesões musculares agudas após trauma por impacto. Neste estudo, os autores realizaram a aplicação do frio em uma única sessão de trinta minutos, imediatamente após a indução da lesão, através da imersão do membro lesionado em água com temperatura controlada em seis graus Celsius. Eles demonstraram uma melhora menos expressiva comparada aos nossos achados nas propriedades de Alongamento no Limite Máximo e Rigidez.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Frente a nossos achados, podemos concluir que a técnica de aplicação da crioterapia nas lesões agudas, induzidas por impacto direto no músculo gastrocnêmio de ratas, foi capaz de restabelecer as propriedades biomecânicas alteradas, demonstrando relevância nos resultados deste estudo com fornecimento de importantes informações adicionais, que suportam as observações clínicas de que a terapia com frio empregada no tratamento agudo de lesões musculares, favorece a melhora da qualidade do tecido muscular esquelético lesionado.

### **REFERÊNCIAS**

- CORNWALL, MW. Biomechanics of noncontractile tissue. A review. *Phys Ther* 984;64:1869-73.
- DENEGAR, GR. *Modalidades Terapêuticas para Lesões Atléticoas*. São Paulo: Manole, 2003
- DINIZ, LR. Crioterapia no Tratamento das Lesões do Esporte. *Reabilitar*, n. 12, p. 7-17,2001.
- GROUND, MD. Towards understanding skeletal muscle regeneration. *Pathology, Research and Practice, Stuttgart*, 1991 v,187, p.1-22.
- GUIRRO, R; ADIB, C; MÁXIMO, C. Os Efeitos Fisiológicos da Crioterapia: uma revisão. *Rev. Fisioter. Univ. São Paulo*, v 6, n 2, p.164-70, jul/dez, 1999.
- HUARD, J; LI, Y; FU FH. Muscle injuries and repair: current trends in research. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:822-32.
- HUBBARD, TJ; DENEGAR, CR. Does cryotherapy improve outcomes with soft tissue injury? *J Athl Train* 2004;39:278-9.
- KNIGHT, KL. *Crioterapia no Tratamento das Lesões Esportivas*. São Paulo: Manole, 2000.
- KUBO, K; KANEHISA, H; FUKUNAGA, T. Effects of cold and hot water immersion on the mechanical properties of human muscle and tendon in vivo. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005;20:291-300.
- MATHEUS, JPC; MILANI, JGPO; GOMIDE, LB; VOLPON, JB; SHIMANO, AC. Análise Biomecânica dos Efeitos da Crioterapia no Tratamento da Lesão Muscular Aguda. *Rev Bras Med Esporte – Vol. 14, No 4 – Jul/Ago, 2008*.
- OLIVEIRA, FB. O ultra-som terapêutico adicionado à imobilização gessada nas propriedades mecânicas da reparação muscular pós-trauma por mecanismo de impacto (Dissertação). *Interunidades Bioengenharia: Universidade de São Paulo*, 2004.

STRATTON, SA; HECKMANN, R; FRANCIS, R. Therapeutic ultrasound: its effects on the integrity of a nonpenetrating wound. *J Orthop Sports Phys Ther* 1984;5:278-81.

WHITING, W; ZERNICKE, R. *Biomecânica da lesão musculoesquelética*. 1.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 251p.