

RECUPERAÇÃO MECÂNICA MUSCULAR COM LASER

MUSCULAR MECHANICAL RECOVERY WITH LASER

GIOVANA LEITÃO SENE, ANTÔNIO CARLOS SHIMANO, CELSO HERMÍNIO FERRAZ PICADO

RESUMO

Objetivo: Avaliamos a influência da irradiação a laser, associada ou não a imobilização, nas propriedades mecânicas do músculo gastrocnêmio submetido à lesão experimental. Métodos: Foram utilizadas 70 ratas (Wistar), divididas em 7 grupos: grupo 1 - controle; grupo 2 - lesão; grupo 3 - lesão-irradiação laser; grupo 4 - lesão-imobilização 24 horas-irradiação laser; grupo 5 - lesão - imobilização 72 horas-irradiação laser; grupo 6 - lesão-imobilização 24 horas; grupo 7 - lesão-imobilização 72 horas. Os músculos foram submetidos a ensaios mecânicos de tração e, utilizando gráficos carga x alongamento calculadas as propriedades mecânicas no limite de proporcionalidade e no limite máximo. Resultados: A lesão provocou diminuição da carga nos limites máximo e de proporcionalidade em relação ao grupo 1 ($p < 0,05$). Os grupos 2, 4, 5 e 7 apresentaram diferença estatística em relação ao grupo 1. A propriedade de alongamento no limite de proporcionalidade apresentou diferença significativa entre o grupo 1 e os grupos 4, 5, 6 e 7 e, entre os grupos 2 e 4. A propriedade de alongamento no limite máximo apresentou diferença entre os grupos 1 e 5 e, entre os grupos 3 e 5. Conclusões: A associação da imobilização por 24 e 72 horas à terapia laser não melhorou os resultados nas propriedades mecânicas do músculo. O uso isolado de cada modalidade de tratamento foi mais efetivo.

Descritores: Terapia a laser de baixa intensidade. Imobilização. Biomecânica.

Citação: Sene GL, Shimano AC, Picado CHF. Recuperação mecânica muscular com laser muscular mechanical recovery with laser. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2009;17(2):46-9. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

Os traumas musculares representam alto número de lesões no esporte profissional e recreativo^{1,2} podendo ocorrer por meio de vários mecanismos.³

Os processos biológicos que ocorrem após a lesão muscular são: inflamação, reparo e remodelação e estes eventos são inter-relacionados e tempo-dependentes.^{2,4,5}

A imobilização geralmente é o método de escolha para o tratamento das lesões no sistema musculoesquelético, embora incorra em alterações estruturais como atrofia, aumento de tecido conectivo, fibrose, perda da extensibilidade e resistência muscular⁶⁻⁸ além de desordens de síntese.^{9,10} Outras modalidades terapêuticas como combinação de imobilização, gelo, compressão e elevação (RICE)⁴, ultra-som e o laser também são utilizados.

A mobilização precoce tem sido preferida ao invés da imobilização, pois induz mais rápida e intensamente a revascularização na área

ABSTRACT

Objective: We evaluated the influence of low-power laser irradiation, either associated or not with immobilization, on the mechanical properties of the gastrocnemius muscle submitted to experimental injury with an impact mechanism. Methods: Seventy female Wistar rats were divided into 7 experimental groups: group 1 – control; group 2 – injury; group 3 – injury-laser irradiation; group 4 – injury-immobilization for 24-hour laser irradiation; group 5 - injury-immobilization for 72-hour laser irradiation; group 6 – injury-immobilization for 24 hours; group 7 – injury-immobilization for 72 hours. The IBRAMED® Laserpulse equipment (670 nm) was used for biostimulation. The muscles were submitted to mechanical assays in an EMIC® universal testing machine and load x stretching graphs were used to calculate the mechanical properties, i.e., at the proportionality limit and maximum limit. Results: The injury provoked a reduction of load at the proportionality limit and at the maximum limit compared to group 1 ($p < 0.05$). Groups 2, 4, 5 and 7 differed significantly from group 1. The property of stretching at the proportionality limit differed significantly between group 1 and groups 4, 5, 6 and 7 and between groups 2 and 4. The property of stretching at the maximum limit differed between groups 1 and 5 and between groups 3 and 5. Conclusion: The association of immobilization for 24 and 72 hours with laser therapy did not improve the mechanical properties of the muscle, whereas the separate use of each treatment modality was more effective.

Keywords: Laser therapy, Low-Level. Immobilization. Biomechanics.

Citation: Sene GL, Shimano AC, Picado CHF. Muscular mechanical recovery with laser. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2009;17(2):46-9. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

da lesão com conseqüente regeneração das fibras musculares.⁴ A forma ideal de tratamento da lesão muscular ainda não está estabelecida existindo diferentes terapias que utilizam meios físicos ou químicos

O efeito da radiação laser (AsGa) foi avaliado na reparação muscular pós lesão por miotoxinas e verificado que as doses utilizadas não foram eficientes para promover resultados significativos em relação as alterações morfológicas.¹¹

Entretanto, utilizando metodologia semelhante da terapia por irradiação laser (HeNe), em relação a processos cicatríciais e regenerativos foram observados resultados histológicos efetivos consistindo na presença de células em diferenciação, com núcleo centralizado.¹²

Nosso objetivo foi avaliar a influência da irradiação laser de baixa intensidade, associada ou não a imobilização, na recuperação de propriedades mecânicas do músculo gastrocnêmio submetido à lesão experimental por mecanismo de impacto.

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

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos – USP.

Departamento de Biomecânica, Reabilitação e Medicina do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP

Endereço para Correspondência: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP, Avenida Bandeirantes, 3900 - 11o andar - Ribeirão Preto/SP - Brasil - CEP: 14048-900. E-mail: giovana_leitao@yahoo.com.br

Trabalho recebido em 29/01/08 aprovado em 05/05/08

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas 70 ratas da raça *Rattus Norvegicus Albinus*, da linhagem Wistar, com massa corporal variando entre 160 a 260g (média $215,34 \pm 12,67$). Mediante aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal- CEUA (04.1.663.53-6) esses animais foram mantidos em gaiolas coletivas de contenção, em número de 3, à temperatura ambiente com livre acesso a água e ração padrão. Os animais foram divididos aleatoriamente em 7 grupos experimentais composto por 10 animais cada. O grupo 1 (Controle) foi mantido em condições basais por 8 dias; grupo 2 (Lesão), submetido a lesão muscular experimental e não submetido a qualquer tratamento; grupo 3 (Lesão Laser), submetido a lesão muscular e irradiado com laser por 8 dias consecutivos; grupo 4 (Lesão Imobilização 24h Laser), submetido a lesão muscular, imobilizado por 24 horas e irradiados com laser por 8 dias consecutivos, grupo 5 (Lesão Imobilização 72h Laser), submetido a lesão muscular, imobilizado por 72 horas e irradiados com laser por 8 dias consecutivos, grupo 6 (Lesão Imobilização 24h), submetido a lesão muscular e imobilizado por 24 horas e grupo 7 (Lesão Imobilização 72h), submetido a lesão muscular e imobilizado por 72 horas.

Para a realização da lesão experimental por mecanismo de impacto, foi confeccionado um aparelho semelhante ao proposto por outros autores^{13,14}, que consiste em duas hastes metálicas telescópicas, ajustáveis, um peso de 200g e uma base plástica. Entre as hastes foi confeccionado, em acrílico transparente, um guia para conduzir o peso durante a queda livre.

Este aparelho permite que uma carga de 200g seja liberada de uma altura de 30 cm e atinja o ventre muscular do gastrocnêmio estando as articulações coxo-femoral e joelho estendidas e o tornozelo fletido a 90°, protocolo semelhante ao usado por outros autores.¹⁴ (Figuras 1 e 2)

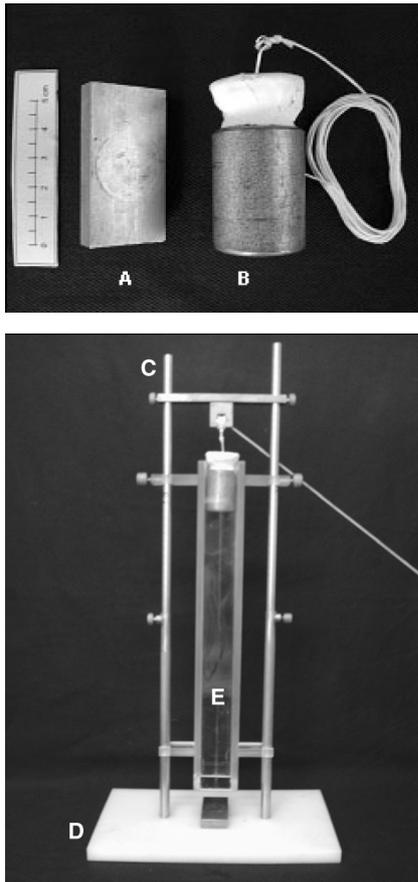


Figura 1 - Aparelho desenvolvido para a produção da lesão experimental. (A) Visão oblíqua da superfície metálica de apoio do músculo gastrocnêmio do animal (B) Peso de 200g com fio guia. Figura 2(C) Hastes metálicas telescópicas ajustáveis (D) Base plástica (E) Guia em acrílico transparente.

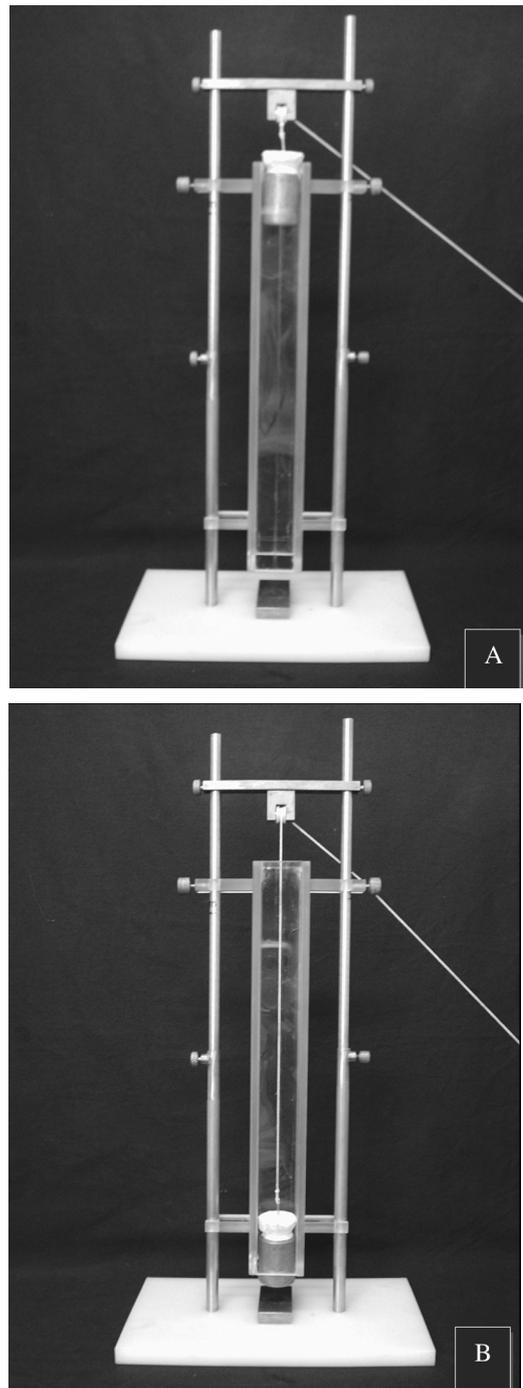


Figura 2(A) - Aparelho desenvolvido para a produção da lesão experimental. Vista frontal com peso na posição inicial. **2(B)** Vista frontal com peso na posição final sob a superfície de contato.

Os animais foram previamente anestesiados com Cloridrato de Ketamina (60 mg/kg) e Xilazina (15 mg/kg) e tricotomizada a região da lesão na pata direita, ou seja, no ventre muscular do gastrocnêmio.

O equipamento utilizado para irradiar a área de lesão muscular foi o Laserpulse, com laser probe capaz de emitir comprimento de onda de 670 nm, da marca IBRAMED®. As características do equipamento como potência e tempo de emissão foram aferidas por meio de um aparelho *Laser Power/Energy Monitor* calibrado pela NIST (*National Institute Standards and Technology*) de acordo com ISO 10012-1, para confirmação dos parâmetros do aparelho utilizado.

Os animais dos grupos 4, 5, 6 e 7 foram submetidos a imobilização gessada pós trauma experimental, que incluiu pelve, quadril, joelho e tornozelo.

Para que os animais dos grupos 4 e 5 fossem submetidos ao tratamento por radiação laser foi aberta uma janela no gesso para o encaixe do laser probe.

Os animais foram mortos, segundo protocolo estabelecido para cada grupo, por overdose anestésica de tiopental sódico. Os músculos gastrocnêmios da pata direita fossem dissecados e imediatamente submetidos ao ensaio mecânico de tração. A dissecação implicou na retirada de todas as partes moles da perna do animal persistindo somente o músculo gastrocnêmio inserido proximalmente no fêmur e distalmente no calcâneo.

Ensaio Mecânico

Estes músculos foram submetidos ao ensaio mecânico de tração e suas fixações à máquina de ensaio foram realizadas por meio de um dispositivo que prendeu de um lado a diáfise femoral e do outro lado à pata permitindo o estiramento muscular.

Foi utilizada uma máquina universal de ensaio da marca EMIC, modelo DL 10.000. Os valores de carga e alongamento de cada ensaio foram registrados no computador acoplado a máquina e, por meio de um *software* foi construído o gráfico carga x alongamento, por meio do qual foram obtidas as propriedades mecânicas de carga e alongamento no limite de proporcionalidade e carga e alongamento no limite máximo.

Os dados obtidos no ensaio mecânico foram analisados por meio do programa "Instat v. 3.00 da *Graphpad Software*. A análise simultânea dos grupos foi realizada aplicando o teste ANOVA e, para comparação entre os grupos, o teste Tukey-Kramer, ambos com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Carga no Limite Proporcionalidade (CLP)

O valor médio da carga no limite proporcionalidade (CLP) foi: grupo 1- Controle ($30,63 \pm 3,23$) N; grupo 2- Lesão ($25,87 \pm 2,92$) N; grupo 3- Lesão Laser ($28,21 \pm 2,99$) N; grupo 4- Lesão Imobilização 24h Laser ($24,51 \pm 4,08$) N; grupo 5- Lesão Imobilização 72h Laser ($21,76 \pm 3,30$) N; grupo 6- Lesão Imobilização 24h ($30,48 \pm 2,76$) N; e grupo 7- Lesão Imobilização 72h ($24,56 \pm 2,06$) N.

A análise simultânea dos grupos (ANOVA) apresentou diferença estatística ($p < 0,0001$). Por meio do teste de Tukey-Kramer foi possível observar diferença significativa entre o grupo Controle e os grupos Lesão, Lesão Imobilização 24h Laser, Lesão Imobilização 72h Laser e Lesão Imobilização 72h ($p < 0,001$). O grupo Lesão Imobilização 24h apresentou diferença significativa quando comparado ao grupo Lesão ($p < 0,01$), apresentando maior suporte de carga no limite de proporcionalidade.

Alongamento no Limite de Proporcionalidade

O valor médio do alongamento no limite de proporcionalidade (ALP) foi: Grupo 1- Controle ($10,40 \pm 3,05$) mm; grupo 2- Lesão ($9,28 \pm 1,83$) mm; grupo 3- Lesão Laser ($10,14 \pm 3,88$) mm; grupo 4- Lesão Imobilização 24h Laser ($7,33 \pm 1,18$) mm, grupo 5- Lesão Imobilização 72h Laser ($6,36 \pm 1,75$) mm, grupo 6- Lesão Imobilização 24h ($8,08 \pm 1,99$) mm e grupo 7- Lesão Imobilização 72h (LI72) de ($7,62 \pm 1,66$) mm.

A análise simultânea dos grupos (ANOVA) apresentou diferença estatística ($p = 0,0032$). Por meio do teste de Tukey-Kramer foi possível observar diferença significativa entre o Grupo Controle e o Grupo Lesão Imobilização 72h Laser ($p < 0,05$) indicando que o grupo LI72L alongou-se menos frente a carga imposta. Os demais grupos não apresentaram diferença estatística em relação ao grupo controle e entre si.

Carga no Limite Máximo (CLM)

O valor médio da carga no limite máximo (CLM) foi: grupo 1- Controle ($35,43 \pm 2,46$) N; grupo 2- Lesão ($28,05 \pm 3,25$) N; grupo

3- Lesão Laser ($31,33 \pm 2,74$) N; grupo 4- Lesão Imobilização 24h Laser ($27,48 \pm 3,71$) N; grupo 5- Lesão Imobilização 72h Laser ($24,32 \pm 3,99$) N; grupo 6- Lesão Imobilização 24h ($34,25 \pm 3,02$) N; e grupo 7- Lesão Imobilização 72h ($28,23 \pm 2,10$) N.

A análise simultânea dos grupos (ANOVA) apresentou diferença estatística ($p < 0,001$). Por meio do teste de Tukey-Kramer foi possível observar diferença significativa entre o Grupo Controle e os Grupos Lesão, Lesão Imobilização 24h Laser, Lesão Imobilização 72h Laser e Lesão Imobilização 72h ($p < 0,001$), sendo que o grupo controle apresentou valores superiores quando comparado a estes grupos. Na comparação entre os grupos Lesão e Lesão Imobilização 24h houve diferença estatística ($p < 0,001$), sendo que o grupo LI24h apresentou valores médios estatisticamente semelhantes ao grupo controle; entre os Grupos Lesão Laser e Lesão Imobilização 72h Laser ($p < 0,001$) sendo que o grupo LL apresentou valores médios semelhantes estatisticamente ao grupo controle.

Alongamento no Limite Máximo (ALM)

O valor médio do alongamento no limite máximo (ALM) foi: grupo 1- Controle ($14,65 \pm 2,54$) mm; grupo 2- Lesão ($11,67 \pm 1,28$) mm; grupo 3- Lesão Laser ($13,07 \pm 3,56$) mm; grupo 4- Lesão Imobilização 24h Laser ($10,02 \pm 2,35$) mm; grupo 5- Lesão Imobilização 72h Laser ($8,48 \pm 1,62$) mm; grupo 6- Lesão Imobilização 24h ($11,31 \pm 1,86$) mm; e grupo 7- Lesão Imobilização 72h ($10,31 \pm 1,90$) mm.

A análise simultânea dos grupos (ANOVA) apresentou diferença estatística ($p < 0,0001$). Por meio do teste de Tukey-Kramer foi possível observar diferença significativa entre o Grupo Controle e os Grupos Lesão Imobilização 24h Laser, Lesão Imobilização 72h Laser, Lesão Imobilização 72h ($p < 0,001$), resultados estatisticamente inferiores ao grupo controle; e entre o Grupo Controle e o Grupo Lesão Imobilização 24h ($p < 0,05$). Nesta propriedade o grupo Lesão Laser apresentou resultados estatísticos semelhantes ao grupo controle.

DISCUSSÃO

Vários animais têm sido utilizados em estudos experimentais. Neste, optamos pelo rato, por se um animal de fácil manuseio, baixo custo, resistente a anestesia e com estrutura músculo esquelética semelhante a do homem.^{15,16}

O músculo escolhido foi o gastrocnêmio, por sua localização e função. Este músculo trabalha sob condições de atividade física extrema, aumentando o risco de lesões e rupturas⁽¹⁷⁾ além de apresentar altos índices de lesão na prática desportiva.¹⁸

A contusão muscular por trauma direto é uma lesão que ocorre comumente durante as atividades esportivas. A reprodução desse tipo de trauma foi possível por meio de aparelho experimental de indução da lesão muscular, que promoveu impacto direto de forma não invasiva.

No nosso trabalho utilizamos a bioestimulação Laser iniciada 2 horas após a produção da lesão muscular¹², entretanto o período experimental foi adaptado para 8 dias com dose de 3 J/cm². Este período no qual os animais foram submetidos a diferentes terapêuticas foi escolhido porque optamos por avaliar o comportamento mecânico do músculo lesado sob influência da irradiação laser na fase aguda. A dose foi de 3 J/cm² pois essa dose tem efeitos analgésicos, antiinflamatórios e regenerativos.¹⁹

O local de ruptura dos músculos testados em tensão foi no ventre muscular, ou seja, no local da lesão em 95% dos ensaios mecânicos. Experimentalmente foi demonstrado que após 10 dias do trauma, os músculos testados em tensão mostravam ruptura na parte intacta do músculo, sugerindo que a resistência ao estiramento do tecido cicatricial tornou-se maior que a do tecido muscular naquele ponto.⁴

Os grupos Lesão Laser e Lesão Imobilização 24h não apresentaram diferença significativa em relação ao grupo Controle na propriedade de carga no limite de proporcionalidade, sugerindo que as terapêuticas experimentais utilizadas foram efetivas na reparação.

Em relação à propriedade de alongamento no limite de proporcionalidade houve diferença estatística entre o grupo Controle e o

grupo Lesão Imobilização 72h Laser, sugerindo que a associação do laser com a imobilização por 72h não promoveu melhora da propriedade. Entre o grupo Lesão Laser e o grupo Lesão Imobilização 72h Laser houve diferença estatística sugerindo que o uso do laser isolado promoveu melhora da propriedade.

Quando os valores médios da carga no limite máximo são comparados foi observada diferença estatística entre o grupo Controle e os grupos Lesão, Lesão Imobilização 24h Laser, Lesão Imobilização 72h Laser e Lesão Imobilização 72h. sugerindo que os grupos lesão e lesados e irradiados suportam uma carga menor em relação ao controle. Portanto, a associação da terapia laser com imobilização não promoveu melhora nesta propriedade mecânica.

Não foi observada diferença estatística na carga no limite máximo entre o grupo Controle e os grupos Lesão Laser e Lesão Imobilização 24h, entretanto, houve queda de 11,57 e 3,33%, respectivamente nos valores numéricos. Estes resultados sugeriram que o uso de cada modalidade terapêutica isolada foi mais efetivo na melhora propriedade.

A propriedade de alongamento no limite máximo dos grupos Controle e Lesão Laser apresentou valores médios estatisticamente superiores ao do grupo lesão. Houve um aumento percentual de 25,6% e 14,5% respectivamente na comparação desses grupos, indicando que o grupo Lesão alongou-se menos frete a carga imposta apresentando curvas com comportamento mecânico diferentes ao do grupo controle.

O grupo Controle quando comparado aos demais apresentou diferença significativa, o que significa que os grupos tratados com a

associação de imobilização e laser ou somente com imobilização, assumiram valores estatisticamente menores de alongamento no limite máximo em relação ao grupo controle.

O laser é um recurso terapêutico que apresentou alterações histológicas quando avaliado no processo de reparo muscular¹², embora não existam estudos que tenham testado mecanicamente esse material biológico, pós-lesão e irradiação laser, avaliando suas propriedades. E ainda, não foram encontrados na literatura trabalhos que analisem e quantifiquem os efeitos da associação da imobilização gessada a bioestimulação laser de baixa intensidade em relação às propriedades mecânicas do músculo submetido a lesão. Estes fatores dificultaram a interpretação das possíveis alterações ocasionadas por essa associação.

CONCLUSÃO

Por meio da análise mecânica observamos que a lesão muscular por mecanismo de impacto foi eficiente. Além disto, a intervenção terapêutica instituída por meio da irradiação laser de baixa intensidade, aplicada isoladamente por 8 dias sem associação da imobilização, apresentou curvas com comportamento mecânico semelhantes ao grupo controle quando avaliamos as propriedades mecânicas de carga e alongamento no limite máximo e carga no limite de proporcionalidade dos músculos submetidos à lesão.

A associação da imobilização por 24 e 72 horas à terapia laser não promoveu melhora dos resultados nas propriedades mecânicas do tecido. O uso isolado de cada modalidade de tratamento foi mais efetivo.

REFERÊNCIAS

1. Carlson BM, Faulkner JA. The regeneration of skeletal muscle fibers following injury: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15:187-98.
2. 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.
3. Prisk V, Huard J. Muscle injuries and repair: the role of prostaglandins and inflammation. *Histol Histopathol.* 2003;18:1243-56.
4. Järvinen TA, Kääriäinen M, Järvinen M, Kalimo H. Muscle strain injuries. *Curr Opin Rheumatol.* 2000;12:155-61.
5. Huard J, Li Y, Fu FH. Muscle injuries and repair: current trends in research. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:822-32.
6. 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.
7. Appell HJ. Muscular atrophy following immobilisation. A review. *Sports Med.* 1990;10:42-58.
8. Buckwalter JA, Grodzinsky AJ. Loading of healing bone, fibrous tissue, and muscle: implications for orthopaedic practice. *J Am Acad Orthop Surg.* 1999;7:291-9.
9. Booth FW. Time course of muscular atrophy during immobilization of hindlimbs in rats. *J Appl Physiol.* 1977; 43:656-61.
10. Tucker KR, Seider MJ, Booth FW. Protein synthesis rates in atrophied gastrocnemius muscles after limb immobilization. *J Appl Physiol.* 1981;51:73-7.
11. Oliveira NM, Parizzotto NA, Salvini TF. GaAs (904-nm) laser radiation does not affect muscle regeneration in mouse skeletal muscle. *Lasers Surg Med.* 1999;25:13-21.
12. Amaral AC, Parizzotto NA, Salvini TF. Dose-dependency of low-energy HeNe laser effect in regeneration of skeletal muscle in mice. *Lasers Med Sci.* 2001;16:44-51.
13. 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.
14. Minamoto VB, Grazziano CR, Salvini TF. Effect of single and periodic contusion on the rat soleus muscle at different stages of regeneration. *Anat Rec.* 1999;254:281-7.
15. Schultz E, Lipton BH. Skeletal muscle satellite cells: changes in proliferation potential as a function of age. *Mech Ageing Dev.* 1982;20:377-83.
16. Pachioni CAS. Lesão por estiramento do músculo soleus: estudo experimental em ratos [dissertação] Programa Interunidades em Bioengenharia FMRP/EESC, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto; 1996.
17. 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.
18. Carazzato JG. Lesões músculo-esqueléticas e seu tratamento. *Rev Bras Ortop.* 1994;29:723-8.
19. Guirro ECO, Guirro RRJ. Laser. In: *Fisioterapia dermatofuncional: fundamentos – recursos – patologias.* 3a. ed. Barueri: Manole; 2002. p.209-22.