

Efeitos do Ultrassom Terapêutico em Modelo Experimental de Cialgia

APARELHO LOCOMOTOR NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

Therapeutic Ultrasound Effects in a Sciatica Experimental Model

Adriano Policam Ciena¹
Núbia Broetto Cunha¹
Juliana Moesch¹
Juliana Schmatz Mallmann¹
Alberito Rodrigo de Carvalho¹
Paula Jaqueline de Moura²
Gladson Ricardo Flor Bertolini¹

1. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – Cascavel-PR.
2. Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo-SP.

Endereço para correspondência:

Gladson Ricardo Flor Bertolini.
Rua Universitária, 2.069, Jardim Universitário – 85819-110 – Cascavel, PR – Brasil.
Caixa Postal: 711.
E-mail:
gladson_ricardo@yahoo.com.br

Submetido em: 27/11/2008
Versão final recebida em: 20/07/2009
Aceito em: 15/08/2009

RESUMO

A ciática possui grande prevalência geral e seu tratamento tende a resolver as causas de compressão nervosa. A fisioterapia objetiva reduzir os sintomas causados pela compressão. O presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia do ultrassom terapêutico sobre a dor, em animais submetidos a modelo experimental de cialgia. Foram usados 18 ratos neste estudo, divididos em três grupos: GS (n = 4), submetido a modelo de cialgia e tratados com ultrassom desligado; GUP (n = 7), submetido à cialgia e tratados com ultrassom pulsado 2W/cm² (SATP; 0,4 – SATA); e grupo GUC (n = 7), submetido à ciática e ultrassom contínuo (0,4W/cm²). O nervo ciático do membro posterior direito foi exposto à compressão com fio categute em quatro pontos. No 3º dia pós-operatório (PO), iniciou-se tratamento indireto por quatro dias. No 9º dia PO, o tratamento direto começou sobre a área do procedimento cirúrgico, por cinco dias consecutivos. O tempo de elevação da pata, durante a marcha, foi avaliado antes e após a cialgia, no 3º, 6º, 9º e 13º PO. Os resultados demonstraram que a aplicação do ultrassom reduziu a dor com ambos os tratamentos efetivos e tendeu a ser mais eficaz na forma pulsada.

Palavras-chave: cialgia, neuralgia, ultrassom terapêutico, medida da dor.

ABSTRACT

The sciatica possesses great general population prevalence, and its treatment tends to solve the nervous compression causes. Physiotherapy aims to reduce the symptoms caused by compression. This study aimed to evaluate the effectiveness of therapeutic ultrasound on pain in animals subjected to sciatica experimental model. Eighteen rats were used and they were divided in 3 groups: group SG (n=4) submitted to the sciatica and treated with the ultrasound off, group PUG (n=7) submitted to the sciatica and treated with pulsed ultrasound 2 W/cm² (SATP; 0,4 – SATA) and group CUG (n=7) submitted to the sciatica and treated with continuous ultrasound (0,4 W/cm²). The sciatic nerve of the posterior right limb was exposed to the compression with Catgut wire in 4 points. In the 3rd postoperative day, the indirect treatment was started (right inferior limb) for four days. In the 9th postoperative day, the direct treatment begins on the surgical procedure area for 5 serial days. The paw elevation time, during the march, of the animal was verified before and after the sciatica, at the 3rd, 6th, 9th and 13th postoperative day. The results demonstrated that the application of the therapeutic ultrasound reduced the pain with both treatments in PUG and CUG, and it has tended larger effectiveness in the pulsed form.

Keywords: sciatica, neuralgia, ultrasonic therapy, pain measurement.

INTRODUÇÃO

O isquiático é o maior nervo do corpo humano, o qual abrange a sensibilidade do pé, a maior parte da perna, além de motricidade e propriocepção dos músculos posteriores da coxa, proximais da perna e todos os músculos do pé^(1,2).

A ciática pode decorrer de várias causas, sendo a hérnia discal a mais comum; além desta, podem-se citar: processo degenerativo, infecção, luxação traumática posterior do quadril, anomalias congênitas, síndrome do piriforme e estenose do canal lombar, podendo atingir indivíduos sedentários e até mesmo praticantes de atividade física. Os sintomas da ciática incluem dor lombar e/ou dor ao longo do trajeto do nervo isquiático (cialgia), distúrbios sensoriais e fraqueza dos músculos do membro inferior inervados por ele^(2,3).

Segundo North *et al.*⁽⁴⁾, a ciática pode ser considerada uma síndrome dolorosa referida, que é percebida ou referida na extremidade do membro inferior, na ausência de qualquer patologia local. Par-

ticularmente comum em pacientes com idade superior a 30 anos, é relatada na população geral em algum momento de sua vida, com incidência de 2 a 40%. Desse total, a intervenção cirúrgica ocorre de 1 a 2%⁽⁵⁾.

A gênese da ciática advém da compressão nervosa, que pode ser um quadro de neuropraxia, a qual se caracteriza pela interrupção na condução nervosa, de forma reversível, causada por interrupção fisiológica da transmissão, sem interrupção anatômica, o que a diferencia da axono e da neurotome⁽⁶⁾. Ocorre dificuldade na nutrição, gerando quadros hiperálgicos, alodinia, hipoestesia, parestesia e até paresia⁽⁷⁾.

Tecidos biológicos são frequentemente lesionados, devido a inúmeras causas, sendo primeira opção o tratamento conservador, no qual recursos fisioterapêuticos têm amplo espaço; dentre as possibilidades, a utilização do ultrassom terapêutico demonstra qualidades biofísicas, químicas e térmicas⁽⁸⁾.

O ultrassom terapêutico é um dos instrumentos de tratamento mais utilizados na fisioterapia, devido a seus efeitos, como: diminuição

da dor e regeneração nervosa periférica^(9,10). Os efeitos não térmicos do ultrassom, como regeneração tecidual, normalização de tónus e estimulação de fibras nervosas aferentes^(11,12), podem ocorrer devido à microcorrente acústica e pela cavitação estável, que é a formação de bolhas no meio líquido. O principal efeito do ultrassom terapêutico na cavitação estável é a habilidade de as bolhas modificarem a permeabilidade da membrana celular aos íons cálcio e sódio, aumentando a síntese proteica e alterando a excitabilidade da membrana⁽¹³⁾.

Segundo Moore *et al.*⁽¹⁴⁾, os efeitos biofísicos do ultrassom contínuo promovem alterações na latência distal do nervo mediano em humanos e tal consequência advém de seus efeitos térmicos. O tratamento com ultrassom pode induzir mudanças fisiológicas que aumentam o reparo tecidual após a lesão, diminuindo a dor, quando é aplicado de acordo com a lesão que está sendo tratada⁽¹⁰⁾.

Segundo Bennett e Xie⁽¹⁵⁾, após o modelo de compressão isquiática, os animais apresentam sua marcha alterada, com claudicação da pata submetida à cirurgia e algia no membro, sendo o achado similar ao de humanos.

Contudo, haverá diferença, na modificação do padrão da dor, em ratos submetidos a um modelo experimental de cialgia, entre a aplicação do ultrassom contínuo ou o pulsado? Assim, o objetivo deste estudo consistiu em verificar os efeitos de dois protocolos de tratamento com ultrassom terapêutico na analgesia, em ratos submetidos a um modelo experimental de neuropraxia do nervo isquiático, por meio do tempo de apoio da pata do animal durante a marcha.

MÉTODOS

Animais e grupos experimentais

Foram utilizados 18 ratos machos, da linhagem Wistar, com peso corporal de $392 \pm 17g$ e 12 ± 2 semanas de idade, obtidos no biotério central da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. Os animais foram alojados em gaiolas de polipropileno, agrupados em número de quatro em cada gaiola, com ciclo claro/escuro controlado de 12 horas e livre acesso à água e ração durante todo o período experimental. O projeto foi conduzido segundo as normas internacionais de ética na experimentação animal⁽¹⁶⁾.

Os animais foram divididos aleatoriamente em três grupos: grupo simulacro (GS, $n = 4$) – submetido à neuropraxia do nervo isquiático e tratado com ultrassom desligado; grupo ultrassom pulsado (GUP, $n = 7$) – submetido à neuropraxia e tratado com ultrassom pulsado, com densidade de potência $2W/cm^2$ (SATP; 0,4 – SATA); grupo ultrassom contínuo (GUC, $n = 7$) – submetido à neuropraxia e tratado com ultrassom contínuo, com densidade de potência de $0,4W/cm^2$.

Modelo experimental de cialgia

Para o modelo experimental de dor no nervo isquiático os animais foram anestesiados, previamente ao procedimento cirúrgico, com xilazina ($12mg/kg$) e quetamina ($95mg/kg$). Após a tricotomia no local, realizou-se uma incisão no terço médio da coxa direita paralela às fibras do músculo bíceps femoral dos animais, expondo o nervo isquiático. Foi utilizado para a compressão fio *Catgut* 4.0 cromado, baseando-se no modelo originalmente descrito por Bennett e Xie⁽¹⁵⁾.

Teste de incapacidade

Os animais foram submetidos ao teste de incapacidade, descrito originalmente por Tonussi e Ferreira⁽¹⁷⁾, que avaliou a dor durante a marcha em um cilindro com aproximadamente 30cm de diâmetro recoberto por uma tela de aço inoxidável, que através de um motor realizava três rotações por minuto. Aos animais era acoplada uma bota de metal, nas patas posteriores; a direita conduzia informações ao computador, no qual um programa relatou os valores encontrados

de tempo de falta de contato da bota do animal ao deambular em um minuto, sendo mensurado o tempo em que o membro pélvico direito se manteve no cilindro e o tempo em que ficou sem contato. A pata posterior esquerda permaneceu com a bota, no entanto, sem transmitir informações, no intuito de que ambos os membros experimentassem as mesmas sensações. Tonussi e Ferreira⁽¹⁷⁾ descrevem que, normalmente, animais sem alterações exibem em sua marcha, durante 1 min, a manutenção da pata no ar por 10s.

O experimento iniciou-se posteriormente ao terceiro dia de treinamento dos animais deambulando sobre o cilindro, iniciando a coleta dos dados antes da cirurgia (primeira avaliação, 1ª AV). No dia posterior ao término dos treinos, foi realizado o modelo experimental de cialgia. Procedeu-se às coletas de dados do teste de incapacidade ao 3º (2ª AV), 6º (3ª AV), 9º (4ª e 5ª AV) e ao 13º (6ª AV) dia pós-operatório.

Contensão dos animais

Foi utilizado um contensor de termoplástico-PVC, por ser atóxico e inerte, com um suporte de madeira, similar ao utilizado por Lirani⁽¹⁸⁾, para a imobilização individual dos animais durante a utilização do ultrassom terapêutico.

Aplicação do ultrassom terapêutico

Foi utilizado o ultrassom da marca *Ibramed*[®], com $1 cm^2$ de ERA e 1MHz, o qual possuía certificado de calibração válido durante o experimento. Foi utilizado gel hidrossolúvel como meio acoplador, com o cabeçote mantendo movimentos circulatorios lentos durante o tempo de aplicação. As terapias foram realizadas em duas semanas, empregando nove sessões, sendo quatro de cinco minutos no tratamento indireto na primeira semana e cinco de cinco minutos no tratamento direto na segunda semana em ambos os grupos. O nervo isquiático esquerdo não foi submetido à neuropraxia e ao tratamento.

No 3º dia pós-operatório, iniciou-se o tratamento indireto por quatro dias na região distal (região de tríceps sural), do membro em que foi realizado o procedimento cirúrgico (membro pélvico direito), em todos os grupos. Houve intervalo no 7º e 8º dia pós-operatório para o início do tratamento direto. No 9º dia pós-operatório, foram coletados os dados antes e logo após o primeiro dia do tratamento direto, realizado na região do procedimento cirúrgico (membro pélvico direito) por cinco dias consecutivos, com intervalo de 24 horas entre as aplicações do ultrassom terapêutico. Ao 13º dia pós-operatório, totalizando nove dias de tratamento, sendo este o último tratamento direto, foram coletados os dados do tempo da pata posterior direita no ar.

Ao 14º dia pós-operatório, todos os animais foram previamente anestesiados e eutanasiados, decapitados em guilhotina.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos e analisados por meio da estatística descritiva (média e desvio-padrão) e inferencial, com teste de ANOVA medidas repetidas (comparação dentro dos grupos) e *One-way* (comparação entre os grupos), e pós-teste de Tukey, com nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A figura 1 mostra a avaliação verificada, pelo tempo de elevação da pata, para o GS. Os valores observados na primeira avaliação foram de $8,70 \pm 1,04s$; as avaliações seguintes foram comparadas com esse valor; na segunda avaliação foi de $24,24 \pm 0,79s$, com aumento significativo da TEP, mostrando a presença de dor; após quatro dias, uma nova medida mostrou $22,02 \pm 2,38s$; a 4ª avaliação apresentou $27,25 \pm 2,29s$; e a 5ª e 6ª apresentaram, respectivamente, $26,05 \pm 2,53s$ e $26,51 \pm 1,71s$. Em todas, houve aumento significativo ($p < 0,001$).

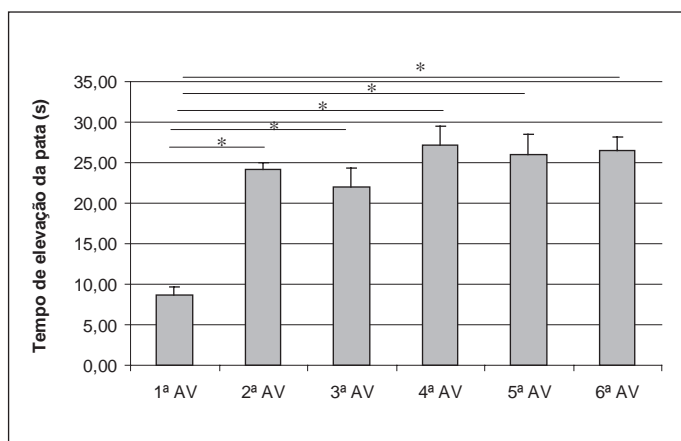


Figura 1. Grupo simulacro: comparações entre as diferenças medidas usando o teste de elevação da pata. * diferença significativa.

O GUP (figura 2) apresentou na primeira avaliação $5,85 \pm 0,95s$; na segunda o valor foi de $21,49 \pm 5,49s$, mostrando a presença de dor ($p < 0,001$); após o tratamento indireto o valor observado foi de $17,90 \pm 7,55$ ($p < 0,01$), demonstrando que não foi efetivo em recuperar os valores iniciais; após dois dias dessa avaliação, e antes do tratamento direto, o valor observado foi de $29,01 \pm 9,13s$, mostrando que a dor ainda era presente ($p < 0,001$). Após o primeiro tratamento direto, o TEP foi de $18,58 \pm 3,00s$ ($p < 0,01$), indicando que não houve retorno aos valores iniciais, mas comparando com os valores antes do tratamento direto, houve redução no TEP ($p < 0,05$). A última avaliação apresentou $14,50 \pm 5,78s$, mantendo a diferença com os valores antes da lesão ($p < 0,05$), porém, houve diminuição significativa ao comparar com os valores antes do tratamento direto ($p < 0,001$).

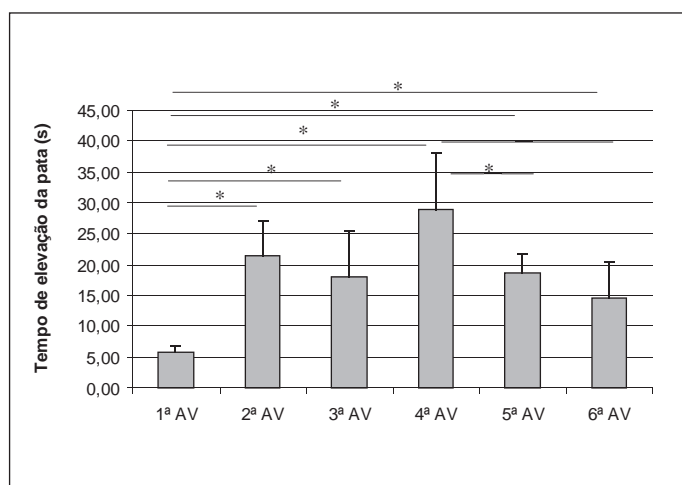


Figura 2. Grupo ultrassom pulsado (GUP): comparações entre as medidas usando o teste de elevação da pata. * diferença significativa.

O GUC (figura 3) apresentou na primeira avaliação $7,57 \pm 1,20s$; e na segunda $25,69 \pm 4,22s$, demonstrando a presença de dor ($p < 0,001$). Após o tratamento indireto o valor observado foi de $21,52 \pm 6,23s$ ($p < 0,001$), indicando ineficácia em voltar aos valores iniciais. Após dois dias dessa avaliação, o valor observado foi de $27,52 \pm 8,00s$, indicando persistência da dor ($p < 0,001$), e em seguida ao tratamento direto, no mesmo dia, a avaliação do TEP apresentou $20,01 \pm 6,59s$, mostrando que não retornou aos valores iniciais ($p < 0,01$) e não reduziu a dor ao comparar com os valores antes do tratamento

direto ($p > 0,05$). A última avaliação apresentou $18,54 \pm 3,31s$, continuando a diferença com os valores antes da lesão ($p < 0,01$), porém, diminuição ao comparar com os valores do início do tratamento direto ($p < 0,05$).

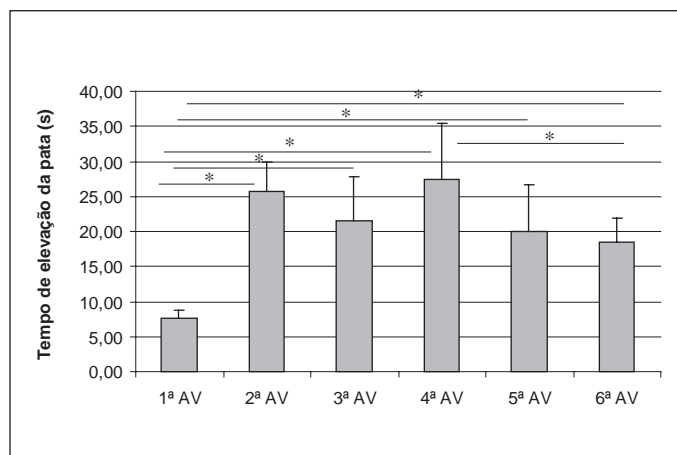


Figura 3. Grupo ultrassom contínuo (GUC): comparações entre diferentes medidas usando o teste de elevação da pata. * diferença significativa.

Quando comparando os valores intergrupos, após o momento da lesão havia diferenças na 6ª medida entre GS e GUP ($p < 0,01$) e GS e GUC ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Os dados aqui apresentados sugerem que o tratamento usando ultrassom pulsado, de forma direta, é eficaz para reduzir o nível de dor de animais após compressão do ciático, em um modelo experimental de ciatalgia. A ciática advém da compressão nervosa, causando dificuldade de nutrição; conseqüentemente, há hipoatividade e, posteriormente, quadro de dor, hiperalgesia, alodinia e até mesmo parestia⁽⁷⁾.

O efeito térmico do ultrassom é considerado útil como tratamento e advém da atenuação que a onda mecânica sofre ao atravessar os tecidos. Uma fração dessa atenuação causa a conversão de energia em calor, por absorção, sendo seus efeitos: alterações vasculares e aumento de extensibilidade do colágeno^(21,22). Contudo, tais efeitos podem ser descartados no presente estudo, visto que os efeitos térmicos começam a partir de $0,5W/cm^2$ SATA, dose maior do que a utilizada aqui.

De acordo com Bennett e Xie⁽¹⁵⁾, os animais apresentam, após o modelo de compressão ciática, alteração na marcha, caracterizada por claudicação da pata submetida à cirurgia, associada com eversão e suporte na borda medial, com abdução dos dedos e leve flexão. Tanto humanos quanto animais tendem a apresentar disfunção no uso do membro lesado. Tais alterações foram observadas neste estudo, refletindo diretamente no contato da pata com o solo, nos testes antes e após a cirurgia.

No presente estudo, foi usado um modelo de compressão isquiático que reproduz os sintomas acima descritos, objetivando o uso como forma terapêutica do ultrassom pulsado e contínuo em dose de $0,4W/cm^2$ de SATA. Verificou-se a evolução do tratamento pela análise da dor, via tempo de elevação da pata, que, segundo Cunha *et al.*⁽²³⁾, induz TEP maiores do que 10s, e é possível usar, como método de avaliação, mesmo em grupos com poucos animais; ao avaliarem o uso de outro recurso fisioterapêutico, o laser de baixa potência, também observaram diminuição do quadro álgico nos animais tratados e não nos que receberam apenas simulacro.

No presente estudo, a verificação da dor usando TEP começou no 3º dia PO, estendendo-se até o 13º dia de PO. Bennet⁽⁷⁾ descreveu que o quadro doloroso, nos animais, começa a partir do 2º dia de PO, atingindo seu máximo por volta do 10º a 14º dias de PO, desaparecendo após o 2º mês, permanecendo apenas hipoestesia.

De acordo com Oztas *et al.*⁽¹²⁾, o efeito placebo poderia ser considerado, visto que os movimentos circulatórios do cabeçote do ultrassom podem causar alterações na membrana celular e provocar alteração na percepção da dor devido a sua ação mecânica. Devido a tal afirmação, realizou-se simulação de tratamento no grupo placebo e, a partir do 3º dia PO, para todos os grupos, o tratamento indireto começou distalmente à incisão cirúrgica, por quatro dias consecutivos, buscando apenas realizar a sensação de tratamento, mas sem produzir efeitos terapêuticos sobre o local da compressão nervosa.

Crisci e Ferreira⁽⁹⁾, utilizando o ultrassom terapêutico de baixa intensidade, observaram aceleração na regeneração morfológica de nervos isquiáticos de ratos lesionados. Tais características não foram avaliadas no presente estudo, mas, com o uso de doses maiores do ultrassom,

porém ainda térmicas, observou-se o efeito analgésico, que também é um indicio de recuperação do nervo.

O tratamento direto, usando ultrassom, promoveu alívio dos sintomas. Os resultados apresentados suportam tal afirmação, visto que houve redução do TEP após o tratamento, inclusive, para o ultrassom pulsado, de forma imediata; contudo, os valores iniciais não foram atingidos. Visto que o ultrassom é um importante recurso fisioterapêutico e a ciática é uma síndrome dolorosa frequente no meio clínico e inclusive esportivo, sugerem-se futuras pesquisas que sustentem, em humanos, as descobertas em modelos animais. Além disso, aponta-se como limitação a não visualização dos efeitos da lesão sobre características morfológicas, o que também se sugere para futuros estudos.

Em conclusão, a aplicação de ultrassom terapêutico reduz a dor e a entrega na forma pulsada tem eficácia mais rápida.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fonseca NM, Ferreira FX, Ruzi RA, Pereira GCS. Abordagem simplificada do nervo ciático por via posterior, no ponto médio do sulco glúteo-femoral, com uso de neuroestimulador. *Rev Bras Anesthesiol.* 2002;52:764-73.
2. Dosani A, Giannoudis PV, Waseem M, Hinsche A, Smith RM. Unusual presentation of sciatica in a 14-year-old-girl. *Injury.* 2004;35:1071-2.
3. Kobayashi S, Yoshizawa H, Yamada S. Pathology of lumbar nerve root compression Part 2: morphological and immunohistochemical changes of dorsal root ganglion. *J Orthop Res.* 2004;22:180-8.
4. North RB, Kidd DH, Zahurak M, Piantadosi S. Specificity of diagnostic nerve blocks: a prospective, randomized study of sciatica due to lumbosacral spine disease. *Pain.* 1996;65:77-85.
5. Rosa A, Delcour J. Mononeuropathies: névralgie cervicobrachiale, névralgie sciatique. **Etiologie, diagnostic, traitement.** *Rev Prat.* 1991;41:275-7.
6. Pitcher GM, Ritchie J, Henry JL. Nerve constriction in the rat: model of neuropathic, surgical and central pain. *Pain.* 1999;83:37-46.
7. Bennett GJ. An animal model of neuropathic pain: a review. *Muscle Nerve.* 1993;16:1040-8.
8. Ter Haar G. Therapeutic applications of ultrasound. *Progres Biophys Mol Biol.* 2007;93:111-29.
9. Crisci AR, Ferreira AL. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates the regeneration of the sciatic nerve after neurotomy in rats. *Ultrasound Med Biol.* 2002;28:1335-41.
10. Johns LD. Nonthermal effects of therapeutic ultrasound: the frequency resonance hypothesis. *J Athl Train.* 2002;37:293-9.
11. Mason WP. Piezoelectricity, its history and application. *J Acoust Soc Am.* 1981;70:1561-6.
12. Oztas O, Turan B, Bora I, Karakaya MK. Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79:1540-4.
13. Yong S. Terapia com ultra-som. In: Kitchen S. *Eletroterapia: prática baseada em evidências*, 11ª ed. Barueri: Manole 2003;211-28.
14. Moore JH, Gieck JH, Saliba EN, Perrin DH, Ball DW, McCue FC. The biophysical effects of ultrasound on median nerve distal latencies. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2000;40:169-80.
15. Bennett GJ, Xie YK. A peripheral mononeuropathy in rat that produces disorders of pain sensation like those seen in man. *Pain.* 1988;33:87-107.
16. Andersen ML, D'Almeida V, Ko GM, Kawakami R, Martins PJF, Magalhães LE, et al. Princípios éticos e práticos do uso de animais de experimentação. São Paulo: Unifesp – Universidade Federal de São Paulo, 2004.
17. Tonussi CR, Ferreira SH. Rat knee-joint carrageen in incapacitation test: an objective screen for central and peripheral analgesics. *Pain.* 1992;48:421-7.
18. Lirani APR. Estudo comparativo dos efeitos do ultra-som e do laser de baixa intensidade, no reparo ósseo de tibia de ratos. *Dissertação (Mestrado).* Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2004. 109p
19. Negrelli WF. Hérnia discal: procedimentos de tratamento. *Acta Ortop Bras.* 2001;9:39-45.
20. Correa G, Fernandes CG, Pereira LAV, Graça DL. Ethidium bromide-induced demyelization of the sciatic nerve of adult Wistar rats. *Braz J Med Biol Res.* 2002;35:99-104.
21. Marks R, Ghanagaraja S, Ghassemi M. Ultrasound for osteo-arthritis of the knee: a systematic review. *Physiotherapy.* 2000;86:452-63.
22. Persson J, Strömqvist B, Zanolli G, McCarthy I, Lidgren L. Ultrasound nucleolysis: an in vitro study. *Ultrasound Med Biol.* 2002;28:1189-97.
23. Cunha NB, Moesch J, Mallmann JS, Ciena AP, Bertolini GRF. Uso do laser, 670nm, no quadro algico de ratos submetidos a modelo experimental de cialgia. *Rev Bras Med Esporte.* 2008;14:115-8.