

Ultra-som terapêutico contínuo térmico em modelo experimental de ciatalgia

Continuous thermic therapeutic ultrasound in sciatica experimental model

Adriano Polican Ciena¹, Jaques Jean Junqueira Oliveira¹,
Núbia Broetto Cunha¹, Gladson Ricardo Flor Bertolini²

Estudo desenvolvido no GELRF – Grupo de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, Brasil

¹ Fisioterapeutas especializados em Fisioterapia Ortopédica e Traumatológica

² Prof. Dr. do GERLF/Unioeste

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Gladson R. F. Bertolini
Colegiado de Fisioterapia
R. Universitária 2069 Jardim
Universitário
85819-110 Cascavel PR
e-mail:
gladson_ricardo@yahoo.com.br

Estudo parcialmente financiado pela Unioeste e pelo Hospital Universitário do Oeste do Paraná. Uma versão foi apresentada ao XI Encontro AAARL de Medicina Esportiva, Ribeirão Preto, SP, em 2008.

APRESENTAÇÃO
mar. 2009

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
jun. 2009

RESUMO: O ultra-som é um recurso fisioterapêutico que pode atuar na redução dos sintomas da ciatalgia. O objetivo deste estudo foi verificar a eficácia do ultra-som terapêutico, no modo contínuo, em duas diferentes densidades de potência (0,5 W/cm² e 1 W/cm²), na redução do quadro algico em ratos submetidos a modelo experimental de ciatalgia. Foram utilizados 20 ratos, divididos em 3 grupos: G1 (n=6) submetido à ciatalgia e a tratamento placebo; G2 (n=7) submetido à ciatalgia e tratado com ultra-som com 0,5 W/cm²; e G3 (n=7) submetido à ciatalgia e tratado com ultra-som com 1 W/cm². A ciatalgia foi provocada por lesão cirúrgica de compressão do nervo no membro posterior direito de todos os animais. O tratamento na região do procedimento cirúrgico, iniciado no 3º dia pós-operatório, consistiu em 10 sessões diárias de 5 minutos. Verificou-se a dor pelo do tempo de elevação da pata (TEP) durante a marcha, medido pré-cirurgia e em mais cinco momentos. Os resultados mostram aumentos no TEP em todos os grupos após a lesão; e, naqueles tratados com ultra-som terapêutico, houve diminuição significativa da TEP, restaurando-se os valores iniciais, sendo mais precoce e intensa em G2. Conclui-se que a entrega na forma continua do ultra-som terapêutico foi eficaz na redução da dor ciática.

DESCRIPTORES: Analgesia; Doenças da coluna vertebral; Nervo ciático; Terapia por ultra-som

ABSTRACT: Therapeutic ultrasound is a physical therapy resource for relieving sciatic pain. The aim of this study was to assess the effectiveness of continuous therapeutic ultrasound in two different power densities (0,5 W/cm² and 1 W/cm²), on reducing pain in rats submitted to a sciatica experimental model. Twenty rats were used, divided into 3 groups: G1 (n=6) submitted to sciatica and placebo treatment; G2 (n=7) submitted to sciatica and treated with 0.5 W/cm² ultrasound; and G3 (n=7), submitted to sciatica and treated with 1 W/cm² ultrasound. Sciatica was provoked by surgical nerve compression on the right posterior limb of all animals. Treatment on the surgical procedure region consisted in ten daily 5-minute sessions, starting on the 3rd postoperative day. Pain was inferred by the time of paw elevation (TPE) during gait, measured before the surgery and on five further moments. Results showed TPE increase in all groups after surgery; but in both groups actually treated with ultrasound a significant TEP decrease was noticed, practically reaching initial values, the decrease being more precocious and intense in G2. Continuous ultrasound such as was delivered was hence effective in reducing sciatic pain.

KEY WORDS: Analgesia; Sciatic nerve; Spinal diseases; Ultrasonic therapy

INTRODUÇÃO

Doenças da coluna vertebral como, por exemplo, a síndrome de estenose espinhal, proveniente do estreitamento do forame intervertebral no nível de L4, acometem indivíduos entre a quinta e sexta décadas de vida, com presença primária de lombalgia, progredindo para lombociatalgia e/ou ciatalgia. Os sinais e sintomas incluem dor lombar, com possível irradiação para o membro inferior, fraqueza muscular¹, claudicação intermitente, rigidez matinal, parestesia, hipoestesia e hiporeflexia².

O comprometimento na qualidade de vida de pacientes com lombalgias³ tem sido a razão mais freqüente de ausência no trabalho^{4,5}, com pertinentes agravos socioeconômicos⁶. A dor referida em pacientes com ciatalgia constitui um alarme à saúde pública mundial, sendo a razão mais comum de visitas a centros de saúde básicos e especializados⁷. Entre os idosos, a dor crônica proveniente da lombalgia é uma condição comum que pode ter conseqüências devastadoras, associadas com depressão, diminuição de apetite, alteração no sono e diminuição da qualidade de vida⁸.

A ciatalgia procedente da compressão nervosa, oriunda de um quadro de neuropatia, caracteriza-se pela diminuição da condutibilidade nervosa e acarreta atrofia seletiva das fibras musculares inervadas pelos motoneurônios acometidos⁹. Os efeitos colaterais da ciatalgia podem apresentar alta morbidade, devido ao declínio dos resultados perante os tratamentos conservadores e atividades físicas. Na maioria dos casos, recorre-se à administração de analgésicos, antiinflamatórios e a recursos da fisioterapia como eletrotermofototerapêuticos e exercícios².

Dentre os recursos eletrotermofototerapêuticos para alívio dos sintomas da ciatalgia, pode-se citar o ultra-som terapêutico, pulsado ou contínuo. A utilização em processos inflamatórios não depende de ser pulsado ou contínuo, mas do momento do processo em que é aplicado. O uso analgésico do ultra-som pode ser considerado efetivo na sintomatologia da ciatalgia. Esse efeito pode ser elucidado, segundo Ng *et al.*¹⁰, pela estimulação da síntese protéica, regene-

ração tecidual e diminuição do limiar da dor¹¹ com alteração na concentração de Na²⁺; ainda, segundo a teoria das comportas da dor¹², a ação térmica teria possível influência benéfica.

Bennett e Xie¹³ construíram um modelo de compressão isquiática em ratos que reproduz a sintomatologia de humanos, conferindo a possibilidade de avaliar, entre outros, o uso de ultra-som contínuo como forma terapêutica em casos de ciatalgia, verificando-se a evolução do quadro algico pela análise de tempos da marcha do animal. Dessa forma, o objetivo deste estudo consistiu em verificar a eficácia do ultra-som terapêutico, no modo contínuo, em duas diferentes densidades de potência térmica (0,5 W/cm² e 1 W/cm²), na redução do quadro algico em ratos submetidos ao modelo experimental de ciatalgia.

METODOLOGIA

Foram utilizados 20 ratos Wistar, machos, adultos, obtidos no Biotério Central da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná –, com peso de 408,0±14,0 g e 20±2 semanas de idade, mantidos em fotoperíodo de 12 h, com água e ração *ad libitum*. O estudo foi conduzido segundo as normas internacionais de ética em experimentação animal¹⁴. Os animais foram divididos aleatoriamente em três grupos:

G1 (n=6): submetido à ciatalgia e a tratamento placebo (simulacro);

G2 (n=7): submetido à ciatalgia e tratado com ultra-som contínuo, com densidade de potência de 0,5 W/cm²;

G3 (n=7): submetido à ciatalgia e tratado com ultra-som contínuo, com densidade de potência de 1 W/cm².

Modelo experimental de ciatalgia

Os animais foram anestesiados com injeção intramuscular de cloridrato de ketamina (0,1 ml/100g) e cloridrato de xilazina (0,1 ml/100g) no músculo bíceps femoral esquerdo (contralateral ao lado do procedimento cirúrgico). Após a tricotomia, no local do procedimento, realizou-se uma incisão paralela às fibras

do bíceps femoral da coxa direita do animal, expondo assim o nervo isquiático. Seguindo o modelo descrito por Bennett e Xie¹³, foi efetuada compressão em quatro regiões distintas ao redor do nervo isquiático, com distância aproximada de 1 mm uma da outra, utilizando-se fio *catgut* 4.0 cromado, com finalidade de reproduzir dor crônica no trajeto do nervo; em seguida foi feita a sutura por planos.

Avaliação da dor por inferência da marcha

Para avaliar a marcha dos animais – que permite inferir a dor – foi utilizado um cilindro metálico em movimento e um programa de computador com conexão a botas metálicas adaptadas às patas do animal, descrito originalmente por Tonussi e Ferreira¹⁵. Os animais deambularam sobre o cilindro, de 30 cm de diâmetro e recoberto por tela de aço inoxidável que, por meio de um motor elétrico, efetuava 3 rpm. Nos membros posteriores dos animais eram adaptadas botas, confeccionadas em metal, que conduziam a informação da pata direita por meio de um fio a um programa de computador que mostra os valores do tempo de pata no ar do animal ao deambular em um minuto; o membro posterior esquerdo também foi mantido com bota, porém sem entrada de informações para o computador. Normalmente, durante um minuto de marcha, os animais sem alterações mantêm a pata no ar em torno de 10 segundos, sendo que os animais com dor apresentam maiores tempos de elevação da pata (TEP)¹⁶.

O experimento foi iniciado com o treino dos animais sobre o cilindro; no dia seguinte foram anotados os valores de tempo da marcha normal. Em seguida, houve o procedimento cirúrgico de compressão do isquiático, ocorrendo reavaliações no 3º, 7º, 10º e no 14º dias de pós-operatório.

Aplicação do ultra-som terapêutico

No 3º dia pós-operatório, iniciou-se o tratamento utilizando o equipamento de ultra-som marca Ibramed, com 1 cm² de área de radiação efetiva e freqüência

de 1 MHz, previamente calibrado. Para a aplicação do ultra-som precisamente sobre a incisão cirúrgica, os animais foram imobilizados em um contensor, confeccionado de material termoplástico (PVC) por ser atóxico e inerte, descrito previamente por Lirani¹⁷. Utilizou-se gel hidrossolúvel como meio acoplador, mantendo-se movimentos circulatórios lentos e rítmicos do cabeçote durante o tempo de aplicação¹¹.

O tratamento consistiu em 10 sessões diárias de cinco minutos, com intervalo de 24 horas entre as aplicações, intercalados por dois dias sem terapia, entre a 5ª e 6ª sessões. Os animais do G1 seguiram as etapas precedentes e receberam aplicação com ultra-som desligado. No 15º dia pós-operatório, findas as aplicações do ultra-som terapêutico, os animais foram submetidos à eutanásia.

Análise dos dados

Os resultados foram expressos por meio de estatística descritiva (média e desvio padrão) e analisados por estatística inferencial, pela análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas, para comparação dentro dos grupos, e ANOVA unidirecional com pós-teste de Tukey, para comparação entre os grupos; o nível de significância estabelecido foi $\alpha=0,05$.

RESULTADOS

Os resultados obtidos de tempo de elevação da pata são apresentados na Tabela 1.

Na Tabela 2 são mostradas a ocorrência de significância estatística e as variações em porcentagem, ao comparar os valores dos tempos de elevação da pata antes da cirurgia com os demais momentos de avaliação.

Tabela 1 Tempo (s) de elevação da pata no ar (média \pm desvio padrão), nas seis avaliações, dos grupos controle (G1), tratados com ultra-som contínuo 0,5 W/cm² (G2) e 1 W/cm² (G3)

Grupo	Pré	Pós	1ª sessão	5ª sessão	6ª sessão*	10ª sessão
G1 (n=6)	8,0 \pm 0,8	21,7 \pm 0,9	25,3 \pm 1,2	17,9 \pm 5,8	16,7 \pm 2,2	14,9 \pm 0,6
G2 (n=7)	8,0 \pm 0,8	18,5 \pm 2,9	21,0 \pm 4,6	12,0 \pm 3,2	11,8 \pm 3,1	10,5 \pm 2,2
G3 (n=7)	8,3 \pm 1,4	18,9 \pm 4,5	20,6 \pm 3,9	14,3 \pm 4,2	18,5 \pm 5,8	13,7 \pm 3,7

Pré = 1ª avaliação, antes da cirurgia; Pós = pós-cirurgia; sessão = após sessão de tratamento; * = antes da 6ª sessão

Tabela 2 Comparação dos valores iniciais de TEP (pré) com os das demais avaliações, dos grupos controle (G1), tratados com ultra-som contínuo 0,5 W/cm² (G2) e 1 W/cm² (G3)

Grupo	Pré/Pós		Pré/1ª sessão		Pré/5ª sessão		Pré/6ª sessão‡		Pré/10ª sessão	
	p	%	p	%	p	%	p	%	p	%
G1 (n=6)	*	171,4	*	216,8	*	123,6	*	108,6	*	86,4
G2 (n=7)	*	96,9	*	124,3	†	27,9	†	26,2	†	11,7
G3 (n=7)	*	127,4	*	147,6	*	72,3	*	122,7	†	65,2

TEP = tempo de elevação da pata no ar; Pré = 1ª avaliação, antes da cirurgia; Pós = pós-cirurgia; sessão = após sessão de tratamento; ‡ = antes da 6ª sessão; * $p<0,05$; † $p>0,05$

Ao estabelecer comparações entre os grupos nos mesmos momentos de avaliação, foi encontrada diferença significativa apenas no momento anterior à 6ª sessão entre os grupos G2 e G3, e na avaliação após a 10ª sessão entre os grupos G1 e G2; em ambos os casos o menor valor ocorreu em G2.

DISCUSSÃO

Modelos experimentais de compressão do nervo isquiático, em ratos, vêm sendo utilizados para avaliar a compressão nervosa e dor crônica, devido à sua semelhança com o nervo isquiático de humanos^{9,13,18,19}. O isquiático é o maior nervo do corpo humano, facilmente acessível, com vários fascículos, e está sujeito à lesão em uma variedade de circunstâncias, tais como esmagamento, transecção, estiramento e congelamento²⁰. No presente estudo, utilizou-se um modelo de compressão isquiática em ratos que reproduz a sintomatologia da ciatalgia¹³, visando o uso terapêutico do ultra-som com emissão contínua, verificando-se a evolução do quadro algico por meio da análise da marcha, em modelo validado por Tonussi e Ferreira¹⁵.

Segundo Bennett e Xie¹³, depois de submetidos ao modelo de compressão isquiática, os animais apresentam marcha alterada, com claudicação do mem-

bro posterior submetido à cirurgia e dor, além de eversão e apoio na margem medial do membro, enquanto os artelhos do animal mantêm-se aduzidos e ligeiramente fletidos. De acordo com Cunha et al.²¹, animais submetidos a esse modelo de compressão nervosa apresentam TEP superior a 10 s. Tais alterações foram visualizadas no presente estudo: ao observar a marcha livre do animal idoso, e ao comparar os valores dos tempos de elevação da pata pré-ciatalgia e pós-ciatalgia, houve evolução para um maior TEP, caracterizando a claudicação e menor utilização do membro.

De acordo com Oliveira et al.¹⁸, a recuperação da lesão nervosa periférica nem sempre é completa, dependendo de uma série de fatores que podem ser influenciados por condutas terapêuticas, reforçando então a importância de estudos que avaliem os resultados das diferentes formas de intervenção fisioterapêutica. Assim, neste estudo utilizou-se o ultra-som terapêutico visando a diminuição do quadro algico em animais submetidos a modelo de compressão nervosa. O ultra-som conseguiu produzir efeitos analgésicos significativos na sintomatologia da ciatalgia, visto que os valores do TEP apresentaram diminuição com ambos os tratamentos, que se revelaram efetivos.

A inferência de dor no animal, por meio da marcha após a lesão por compressão, mostrou que a dor estava presente no 3º dia pós-operatório, estendendo-se pelo menos até o 14º dia pós-operatório. Segundo Bennett¹⁹, as evidências do quadro doloroso nos animais se iniciam a partir do 2º dia pós-operatório, alcançando o máximo entre o 10º e 14º dias pós-operatório, desaparecendo após o 2º mês, restando apenas hipoestesia.

Neste estudo, no 3º dia pós-operatório, quando se iniciou o tratamento, foi obser-

vado que as doses empregadas não reduziram o quadro algico após a primeira sessão. Após a 5ª e 6ª sessões, examinando os valores do grupo tratado com intensidade de 0,5 W/cm² (G2) e comparando-os com o período pré-cialgia, não houve diferença significativa, sugerindo efeitos positivos da terapia; o mesmo, porém, não foi observado no grupo tratado com intensidade de 1 W/cm² (G3). Tal fato, após cinco dias consecutivos de tratamento, ilustra a relevância clínica de tratamentos efetivos, em determinados períodos e com frequência regular das aplicações terapêuticas.

Após a 10ª e última sessão, o valor de TEP foi estatisticamente semelhante ao valor pré-lesão nos grupos que receberam tratamento efetivo, sugerindo redução do quadro algico pela restauração dos valores iniciais. No grupo submetido ao tratamento placebo, tal fato não ocorreu; mas é importante levar em conta possíveis alterações decorrentes do simulacro: segundo Oztas *et al.*²², podem ocorrer alterações via efeito placebo, decorrentes das trocas de eletrólitos na membrana celular, mediadas pelos movimentos circulatórios promovendo massagem, atribuída à ação mecânica exercida pelo cabeçote do ultra-som desligado.

De acordo com Ter Haar²³, os efeitos positivos de diminuição do quadro algico,

como aqueles verificados em G2, são atribuídos às alterações vasculares, decorrentes da conversão de energia em calor, por absorção do feixe das ondas mecânicas, o que promove aumento do fluxo sanguíneo e da densidade capilar²⁴. No presente estudo, utilizaram-se densidades de potência do ultra-som contínuo de 0,5 e 1 W/cm², com base no estudo de Hong *et al.*²⁵, que efetuaram compressão do nervo tibial de ratos, submetendo-os a irradiação com ultra-som contínuo sobre a área da lesão. Esses autores demonstraram que a recuperação da velocidade de condução nos nervos tratados com intensidade de 0,5 W/cm² (como foi o caso de G2 neste estudo) foi significativamente mais rápida, em relação ao grupo tratado com intensidade de 1 W/cm², sugerindo forte evidência de que o ultra-som de baixa intensidade pode acelerar a regeneração dos nervos periféricos com lesão compressiva e efeitos adversos podem se fazer presentes com intensidades elevadas.

Paik, Cho e Han²⁶ utilizaram duas diferentes densidades de potência contínuo – 1,5 e 0,2 W/cm² – ao avaliar os efeitos do uso do ultra-som durante duas semanas em modelo experimental de síndrome do túnel do carpo agudo em coelhos. Observaram melhoras significativas do potencial de ação após utilização de dose térmica (1,5 W/cm²),

verificada por meio de análise eletrofisiológica. No presente estudo optou-se por utilizar apenas a forma contínua do ultra-som terapêutico, mas sugere-se o uso no modo pulsado em futuras pesquisas. Salienta-se, ainda, como restrição deste estudo, a inobservância de alterações de temperatura locais; contudo, com base na literatura disponível²⁷, acredita-se que principalmente o grupo 3, com dose de 1,0 W/cm², pode ter produzido aumentos de temperatura significantes, o que poderia ter contribuído para piores resultados, visto que houve início precoce do tratamento, durante uma fase inflamatória reativa aguda; é possível que, no grupo 2, tratado com dose de 0,5 W/cm², o efeito positivo sobre os sintomas de cialgia já a partir da 5ª sessão, com praticamente restauração dos valores iniciais dos tempos de elevação da pata, pode ter ocorrido devido à menor emissão térmica.

CONCLUSÃO

Conclui-se que, com a aplicação do ultra-som terapêutico contínuo, nas densidades de potência de 0,5 e 1 W/cm², houve redução no quadro algico, sendo que a utilização da densidade de potência 0,5 W/cm² apresentou maior eficácia em animais submetidos a modelo experimental de cialgia.

REFERÊNCIAS

- 1 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.
- 2 Shabat S, Folman Y, Leitner Y, Fredman B, Gepstein R. Failure of conservative treatment for lumbar spinal stenosis in elderly patients. *Arch Gerontol Geriatr.* 2007;44(3):235-41.
- 3 Santilli V, Beghi E, Finucci S. Chiropractic manipulation in the treatment of acute back pain and sciatica with disc protrusion: a randomized double-blind clinical trial of active and simulated spinal manipulations. *Spine J.* 2006;6(2):131-7.
- 4 González-Hidalgo M. Indicaciones de los estudios neurofisiológicos en el dolor lumbar. *Rev Neurol.* 2006;43:618-20.
- 5 Brox J, Reikeras O, Nygaard O, Sorensen R, Indahl A, Holm I, et al. Lumbar instrumented fusion compared with cognitive intervention and exercises in patients with chronic back pain after previous surgery for disc herniation: a prospective randomized controlled study. *Pain.* 2006;122:145-55.
- 6 Wynne-Jones G, Dunn KM, Main CJ. The impact of low-back pain on work: a study in primary care consultants. *Eur J Pain.* 2008;12:180-8.
- 7 Ortiz-Corredor F. Examen clínico y anomalías electromiográficas en los pacientes con dolor lumbar. *Rev Neurol.* 2003;37:106-11.
- 8 Morone NE, Greco CM, Weiner DK. Mindfulness meditation for the treatment of chronic low back pain in older adults: a randomized controlled pilot study. *Pain.* 2008;134(3):310-9.

Referências (cont.)

- 9 Pitcher GM, Ritchie J, Henry JL. Nerve constriction in the rat: model of neuropathic, surgical and central pain. *Pain*. 1999;83:37-46.
- 10 Ng COY, Ng GYF, See EKN, Leung MCP. Therapeutic ultrasound improves strength of Achilles tendon repair in rats. *Ultrasound Med Biol*. 2003;29(10):1501-06.
- 11 Bishop S, Draper DO, Knight KL, Feland JB, Eggett D. Human tissue-temperature rise during ultrasound treatments with the aquaflex gel pad. *J Athl Train*. 2004;39(2):126-31.
- 12 Melzack R, Wall PD, Weisz AZ. Masking and metacontrast phenomena in the skin sensory system. *Exp Neurol*. 1965;8:35-46.
- 13 Bennett GJ, Xie YKA. A peripheral mononeuropathy in rat that produces disorders of pain sensation like those seen in man. *Pain*. 1988;33:87-107.
- 14 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; 2004.
- 15 Tonussi CR, Ferreira SH. Rat knee-joint carrageenin incapacitation test: an objective screen for central and peripheral analgesics. *Pain*. 1992;49:421-7.
- 16 Bressan E, Cunha FQ, Tonussi CR. Contribution of TNF α , IL-1 β and CINC-1 for articular incapacitation, edema and cell migration in a model of LPS-induced reactive arthritis. *Cytokine*. 2006;36:83-9.
- 17 Lirani APR. Estudo comparativo dos efeitos do ultra-som e do laser de baixa intensidade, no reparo ósseo de tíbia de ratos [dissertação]. Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2004.
- 18 Oliveira LS, Sobral LL, Takeda SYM, Betini J, Guirro RRJ, Somazz MC, Teodori RM. Estimulación eléctrica y natación en la fase aguda de la axonotmesis: influencia sobre la regeneración nerviosa y la recuperación funcional. *Rev Neurol*. 2008;47:11-5.
- 19 Bennett GJ. An animal model of neuropathic pain: a review. *Muscle Nerve*. 1993;16:1040-8.
- 20 Pachioni CAS, Mazzer N, Barbieri CH, Fazan VPS, Padovani CR, Moro CA, et al. Lesão por esmagamento do nervo isquiático de ratos: estudo da vascularização. *Acta Ortop Bras*. 2006;14(4):203-7.
- 21 Cunha NB, Moesch J, Mallmann JS, Ciena AP, Bertolini GRF. Uso do laser 670 nm no quadro algico de ratos submetidos a modelo experimental de cialgia. *Rev Bras Med Esporte*. 2008;14(2):115-8.
- 22 Oztas O, Turan B, Bora I, Karakaya MK. Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;79(12):1540-4.
- 23 Ter Haar G. Therapeutic applications of ultrasound. *Prog Biophys Mol Biol*. 2007;93:111-29.
- 24 Berná-Serna JD, Sánchez-Garre J, Madrigal M, Zuazu I, Berná-Mestre JD. Ultrasound therapy in rectus sheath hematoma. *Phys Ther*. 2005;85:352-7.
- 25 Hong CZ, Liu HH, Yu J. Ultrasound thermotherapy effect on the recovery of nerve conduction on experimental compression neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 1988;69:410-4.
- 26 Paik NJ, Cho SH, Han TR. Ultrasound therapy facilitates the recovery of acute pressure-induced conduction block of the median nerve in rabbits. *Muscle Nerve*. 2002;26:356-61.
- 27 Johns LD. Nonthermal effects of therapeutic ultrasound: the frequency resonance hypothesis. *J Athl Train*. 2002;37(3):293-9.