

Ultrassom terapêutico na regeneração nervosa – revisão sistemática e metanálise*(Therapeutic ultrasound on nerve regeneration – systematic review and meta-analysis)*ROSSI, Kaue Cesar^{1*}, OLSSON, Débora Cristina¹, COSTA, Paulo Mafra de Almeida¹¹. Instituto Federal Catarinense - Campus Concórdia.

* Corresponding author: kaue_rossi@hotmail.com

Artigo enviado em: 01/05/2018, aceito para publicação em 22/10/2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/revcivet.v6i1.42675>**RESUMO**

Objetivou-se com esta revisão sistemática e metanálise avaliar e comparar os efeitos do ultrassom terapêutico (UST) nas modalidades pulsada e contínua na regeneração nervosa e estabelecer um parâmetro de dosimetria do aparelho para sua utilização. Foram realizadas pesquisas nos bancos de dados BIREME, CAPES, PEDro e MEDLINE, além de buscas manuais nas referências de estudos publicados sobre o assunto, entre o período de julho de 2016 a fevereiro de 2017. Os estudos foram analisados e selecionados de acordo com critérios de elegibilidade, onde foram incluídos apenas aqueles que realizaram indução do dano em nervos periféricos, submetidos a tratamento com UST contínuo ou pulsado e que apresentaram grupo controle. Foi avaliado o índice funcional do nervo ciático (IFC) e análise morfométrica. Dos 1.877 estudos encontrados, nove foram incluídos na revisão sistemática e três na metanálise sobre o IFC. O UST, nas modalidades contínua e pulsada, comparado com o grupo controle não apresentou diferença ($p \geq 0,05$) significativa para os tempos 0, 7 e 14 dias, entretanto, apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) aos 21 dias. Os demais desfechos foram descritos de maneira qualitativa por apresentarem metodologias e unidades de medida diferentes, não podendo ser compilados. Conclui-se que o UST possui efeitos positivos na regeneração nervosa quando comparados aos grupos controle principalmente quando aplicado na modalidade contínua, devido aos seus efeitos térmicos, porém, não sendo descartados seus efeitos na modalidade pulsada quando aplicado em baixas intensidades.

Palavras-chave: estudo metanálítico, fisioterapia, nervo ciático, neurologia.

ABSTRACT

The aim of this systematic review and meta-analysis was to evaluate and compare the effects of therapeutic ultrasound (TU) on pulsed and continuous modalities on nerve regeneration and to establish a dosimetry parameter of the device for its use. Researches were performed on data banks on BIREME, CAPES, PEDro and MEDLINE, also manual searches in the references of published studies on the subject, between the periods of July 2016 to February 2017. The studies were analyzed and selected accordingly to criteria and eligibility, where only studies that performed peripheral nerve damage induction were included, submitted to treatment with continuous and pulsatile TU and had a control group. the sciatic functional index (SFI) and the morphometric analysis were evaluated. Of the 1877 studies found, nine were included in the systematic review and three in the meta-analysis regarding the SFI. The TU, in continuous and pulsed modality, compared with the control group did not present any significant difference ($p \geq 0.05$) for the moments of 0, 7 and 14 days, however, it presented a significant difference ($p \leq 0.05$) at 21 days. The remaining outcomes were described in a qualitative manner since they presented different methodologies and measure units, being unable to be compiled. Was concluded that TU has positive effects on nerve generation when compared to control groups mainly when applied in the continuous modality, due to its thermal effects; however, we are not discarding its effects on the pulsatile modality when applied in low intensities

Key words: meta-analytic study, neurology, physiotherapy, sciatic nerve

INTRODUÇÃO

Devido à sua grande distribuição e situação anatômica, os nervos periféricos são alvos constantes de lesões (CRISCI, 2001; LÓS et. al., 2016). Estas lesões podem ocorrer por origem traumática (RASO, 2002; OLIVEIRA et. al., 2012) ou processos iatrogênicos, resultante da exploração cirúrgica da região perineal ou decorrentes de lesão por agulha em aplicações de fármacos intramusculares (FORTERRE et. al., 2007). Estes traumatismos levam a consequências funcionais como a perda ou diminuição da sensibilidade e motricidade no território

inervado, além de gerar dor, desconforto e atrofia muscular progressiva (SIQUEIRA, 2007).

Embora os nervos periféricos possuam capacidade de regeneração (RASO, 2002; LÓS et. al., 2016), a recuperação morfológica e funcional raramente é completa e perfeita, pois, inúmeros fatores influenciam na regeneração da fibra nervosa lesada como: a natureza e o nível da lesão, o tempo de denervação, o tipo e o diâmetro das fibras nervosas afetadas (MONTE-RASO et. al., 2006).

Dentre as alternativas para o tratamento de lesões nervosas periféricas,

encontra-se a neurocirurgia (PEREIRA et. al., 2014). Entretanto, mesmo aplicando técnicas cirúrgicas avançadas e modernas, a recuperação morfológica e funcional da neurolesão dificilmente é satisfatória, tornando necessária a associação de técnicas físicas e alternativas que visem auxiliar o prognóstico na reabilitação funcional (OLIVEIRA et. al., 2012). O ultrassom terapêutico (UST) é uma terapia adjuvante não invasiva que através da emissão de ondas produz efeitos mecânicos e térmicos capazes de aumentar o metabolismo celular, o fluxo sanguíneo e a troca de oxigênio (CRISCI, 2001). Seu uso é empregado para auxiliar no tratamento de tendinites, bursites, na redução do edema e dor, na aceleração da cicatrização de feridas e mais recentemente, na regeneração nervosa (SGANZELLA, 2007), devido ao aumento da densidade da fibra nervosa, ativando as células de Schwann e estimulando a produção do axoplasma melhorando a nutrição tecidual (RASO, 2002).

Um estudo direcionado para avaliar a ação do UST frente à regeneração nervosa periférica torna-se significativo devido à ausência de revisões sistemáticas sobre esse assunto. O objetivo do presente estudo foi avaliar e comparar a ação do UST pulsado e contínuo sobre a regeneração nervosa e estabelecer um parâmetro dosimétrico do aparelho para

sua utilização através de uma revisão sistemática e metanálise.

DESENVOLVIMENTO

Foram pesquisados os seguintes bancos de dados eletrônicos, de julho de 2016 a fevereiro de 2017: BIREME (Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciência e Saúde), PEDro (Physioterapy Evidence Database), Periódico CAPES e MEDLINE (via Pubmed), além de buscas manuais nas referências dos estudos publicados sobre o assunto.

A busca compreendeu os termos em inglês para “*therapeutic ultrasound pulsed*”, “*therapeutic ultrasound continuous*”, “*therapeutic ultrasound*” e “*nerve regeneration*”, e seus descritores em português: “ultrassom terapêutico pulsado”, “ultrassom terapêutico contínuo”, “ultrassom terapêutico” e “regeneração nervosa”. Não houve restrição de idioma na busca.

Os títulos e resumos foram identificados e avaliados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Os textos que não forneceram informações suficientes sobre estes critérios foram selecionados para avaliação completa dos textos, assim como aqueles onde os critérios de inclusão foram contemplados no resumo.

Como critério de elegibilidade, foram incluídos apenas estudos clínicos que realizaram protocolos de indução da lesão em nervos periféricos e posteriormente foi tratado com protocolo com UST no modo pulsado ou contínuo. Somente estudos que compararam com grupo controle ou UST placebo foram considerados para o trabalho

Também foi avaliada a qualidade metodológica dos trabalhos, levando em consideração a presença de grupo controle, estudos aleatórios, números de amostra, números de sessão, frequência e intensidade do transdutor, modo de emissão das ondas do aparelho e descrição das perdas e exclusões. Estudos sem uma descrição detalhada dessas características foram excluídos da pesquisa.

Para a extração dos dados foram coletadas informações referentes ao número de animais avaliados, forma de indução da lesão nervosa, parâmetros do UST utilizado, tempo de intervenção do tratamento e desfechos concluídos (Tabela 1). Em relação aos desfechos foi avaliado o índice funcional do nervo ciático (IFC) e análise morfométrica do mesmo nervo.

Para a análise dos dados considerou-se estatisticamente significativo um valor $\alpha = 0,05$ e intervalo de confiança de 95%. A heterogeneidade estatística do efeito tratamento entre os estudos foi avaliada

por meio do teste de inconsistência (I^2), em que valores acima de 25% foram considerados como indicativo de moderada heterogeneidade e valores acima de 50% foram considerados como indicativos de alta heterogeneidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team, 2008). Os estudos que não puderam ser incluídos na metanálise foram descritos de forma qualitativa.

Na busca inicial foram encontrados 1.877 estudos. Após análise do título e/ou resumo, 18 foram selecionados para análise detalhada e nove foram incluídos na revisão sistemática de acordo com os critérios de elegibilidade. Destes, seis foram utilizados na análise qualitativa e três foram utilizados na análise quantitativa (meta-análise).

O modo de indução da lesão foi o mesmo em oito dos estudos, axoniotmese através do esmagamento do nervo ciático, com exceção de Crisci (2001) que realizou axotomia com auxílio de uma tesoura oftálmica.

As ondas ultrassônicas podem ser aplicadas nos tecidos orgânicos por dois métodos (SGANZELLA, 2007). Dos nove estudos incluídos na revisão, seis utilizaram o UST na modalidade pulsada (CRISCI, 2001; MONTE-RASO et. al., 2005; MONTE-RASO et. al., 2006; SGANZELLA, 2007; OLIVEIRA et. al.,

2012; PEREIRA et. al., 2014), onde as ondas são emitidas em rajadas, com ciclos de frequência menores que 100% (OISSON et. al., 2008). Outros três utilizaram no modo contínuo (FARFÁN E MATAMALA, 2011; JATTE et. al., 2011;

FARFÁN E MATAMALA, 2013), onde a voltagem através de um transdutor é aplicada continuamente com ciclos de frequência acima de 100% durante todo período de tratamento (Tab. 1).

Tabela 1. Características dos estudos incluídos na revisão sistemática após selecionar de acordo com critérios de inclusão e exclusão, Concórdia, Santa Catarina, 2017.

Estudo, ano	Número (n)	Parâmetros US	Desfechos e avaliações
CRISCI, 2001	40 animais	Modalidade: pulsado Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,16 W/cm ² Tempo: 20 min	Análise morfológica e análise morfométrica
FARFÁN & MATAMALA, 2011	9 animais	Modalidade: contínua Frequência: 3 MHz Intensidade: 1,0 W/cm ² Tempo: 1 min	Análise morfológica e análise morfométrica
FARFÁN & MATAMALA, 2013	12 animais	Modalidade: contínuo Frequência: 3 MHz Intensidade: 0,5 W/cm ² 1,0 W/cm ² Tempo: 1 min	Análise morfológica e análise morfométrica
JATTE et al, 2011	20 animais	Modalidade: contínuo Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,16 W/cm ² Tempo: 1 min	Índice funcional do ciático (IFC)
MONTE-RASO et al, 2005	20 animais	Modalidade: Pulsado Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,4 W/cm ² Tempo: 2 min	Análise morfológica Análise morfométrica Índice funcional do ciático (IFC)
MONTE-RASO et al, 2006	20 animais	Modalidade: Pulsado Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,4 W/cm ² Tempo: 2 min	Índice funcional do ciático (IFC)
OLIVEIRA et. al, 2012	24 animais	Modalidade: Pulsado Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,4 W/cm ² Tempo: 2 min	Índice funcional do ciático (IFC)
PEREIRA et. al, 2014	15 animais	Modalidade: Pulsado Frequência: 1 MHz Intensidade: 0,5 W/cm ² Tempo: 2 min	Índice funcional do ciático (IFC)
SGANZELLA, 2007	26 animais	Modalidade: Pulsado Frequência: 1,5 MHz Intensidade: 0,4 W/cm ² Tempo: 8 min	Análise morfológica Índice funcional do ciático (IFC)

A intensidade, energia que atravessa uma unidade de área (m²) numa unidade de tempo (s) (CRISCI, 2001), variou entre os estudos de 0,16 W/cm²

(CRISCI, 2001; JATTE et. al., 2011) à 1 W/cm² (FARFÁN E MATAMALA, 2011, FARFÁN E MATAMALA, 2013). Em relação à frequência, definida pelo número

de vezes que uma partícula realiza um ciclo completo de movimento (CRISCI, 2001), todos os autores utilizaram 1MHz, com exceção de Sganzella (2007), que utilizou 1,5MHz e Farfán e Matamala (2011) e Farfán e Matamala (2013) que utilizaram 3MHz (Tab. 1).

Dentre os desfechos, o IFC foi estudado por seis autores, entretanto, somente três foram incluídos na metanálise (Fig. 1), tendo em vista que um estudo (SGANZELLA, 2007) apresentou os dados apenas na forma de gráfico, não sendo possível extrair os valores de média e desvio padrão (DP). Um pesquisador (Oliveira et. al, 2012) discutiu o tratamento apenas por 14 dias de pós-operatório e outro estudo foi encontrado em duplicata (MONTE-RASO et. al. 2005, MONTE-RASO et. al. 2006), apresentando resultados idênticos para este desfecho.

A metanálise foi realizada para os momentos 0, 7, 14 e 21 dias após a indução da lesão nervosa, onde ocorrem as três

fases da cicatrização: inflamação, proliferação e remodelamento. Monte-Raso et. al. (2006) e Pereira et. al. (2016) avaliaram o IFC nos tempos 0, 7, 14 e 21 dias. O estudo de Jatte et. al. (2016) observou os valores de IFC até a 6ª semana de pós-operatório, mas para a metanálise foram usados somente os valores até a 3ª semana (Fig. 1).

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos na avaliação quantitativa destes três estudos nos tempos 0, 7 e 14 dias ($P \geq 0,05$). Os tempos 0 (zero) dias (0,87; IC95%: -5,07 a 6,83; I^2 : 0%) e 7 dias (1,66; IC95%: -4,35 a 7,68; I^2 : 0%) apresentaram heterogeneidade nula. O tempo 14 dias apresentou uma heterogeneidade alta (-8,10; IC95%: -20,13 a 3,91; I^2 : 73,15%). Apenas o tempo de 21 dias apresentou diferença significativa entre os grupos ($P \leq 0,05$) e heterogeneidade moderada (-11,56; IC95%: -18,43 a -4,68; I^2 : 45,51%) (Fig. 1).

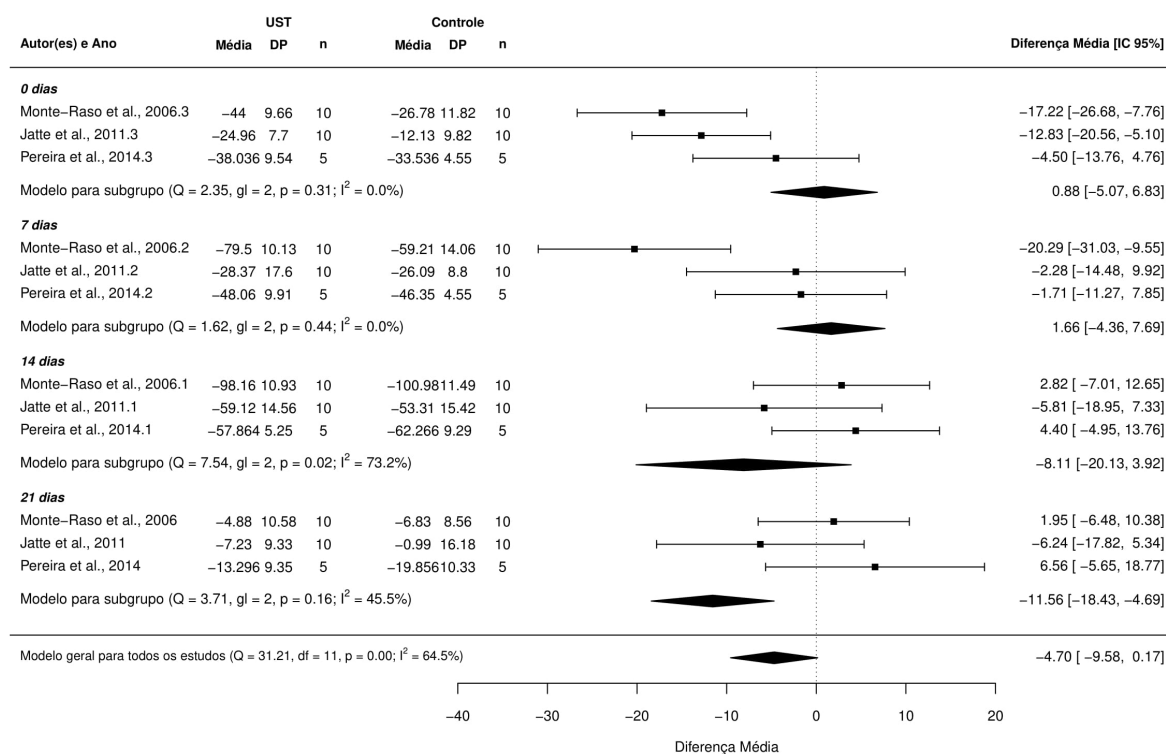


Figura 1. Gráfico *forest plot* (modelo de efeito aleatório) produzido pelo software R da análise metanalítica dos valores do índice funcional do nervo ciático (IFC) nos tempos 0, 7, 14 e 21 dias após a indução da lesão, comparando o grupo tratado com irradiação ultrassônica com o grupo controle

Dentre os estudos que não foram incluídos na metanálise, Sganzella (2007) observou uma diminuição significativa do valor de IFC no primeiro dia após a lesão, que se manteve durante a primeira semana e normalizou a partir do 19º dia pós lesão. Entretanto, este estudo não observou diferença entre os grupos lesado e grupo tratamento ao longo dos 28 dias pós-lesão, possivelmente devido aos parâmetros de dosimetria de UST utilizados (f: 1,5MHz, i: 0,4W/cm², t: 8').

Já os resultados obtidos por Oliveira et al. (2012) demonstraram que após a lesão nervosa ocorreu perda

funcional em todos os grupos experimentais, no entanto, no grupo controle o índice de função reduziu ainda mais no 7º e 14º dias enquanto que o grupo tratado com UST apresentou melhora funcional significativa.

Quatro dos nove estudos incluídos na revisão sistemática usaram a análise morfométrica, contudo, não foi realizado metanálise para este desfecho, pois os estudos utilizaram metodologias diferentes de avaliação e as unidades de medida não puderam ser comparadas.

O estudo feito por Crisci (2001) realizou análise morfológica e

morfométrica em 10 nervos ciáticos de animais submetidos ao tratamento com UST e 10 nervos de animais do grupo controle, analisando quantitativamente as fibras com bainha de mielina grossas, fibras com bainha de mielina finas, fibras amielínicas, área dos axônios e espessura da bainha de mielina. Observaram-se resultados altamente sugestivos de que o uso do UST acelera a recuperação do nervo ciático após sua axotomia.

Farfán e Matamála (2011) realizaram a análise morfométrica após procedimentos histológicos, avaliando a espessura do perineuro, perímetro do núcleo dos neuromielócitos, perímetro do axônio mielínico, perímetro da mielina, largura do núcleo do fibroblasto e longitude do núcleo do fibroblasto, concluindo que a irradiação contínua produziu uma acentuação do processo de remielinização em comparação com os nervos não irradiados, sendo considerado efetivo na regeneração do nervo espinhal lesionado.

Outro estudo de Farfán e Matamála (2013) comparou a utilização do UST com irradiações de 0,5 W/cm² e 1,0 W/cm², classificando a espessura do perineuro, perímetro do núcleo dos neuromielócitos, perímetro do axônio mielínico e perímetro da mielina. Os resultados revelaram que a irradiação com o UST no modo contínuo produziu uma maior remielinização em

comparação com os grupos lesionados e não irradiados e que entre as duas terapias utilizadas, a dose de 1W/cm² permitiu um maior efeito reparador do nervo ciático.

Monte-Raso et. al. (2005) verificaram a distribuição de densidade da fibra nervosa dos segmentos proximal, intermediário e distal do nervo ciático e observou que nos nervos tratados foram encontradas alterações típicas de regeneração nervosa enquanto que nos nervos não irradiados foram observadas características de degeneração nervosa, demonstrando que a irradiação ultra-sônica efetivamente aumenta a regeneração do nervo.

Um estudo (SGANZELLA, 2007) realizou apenas a análise morfológica do nervo ciático através da microscopia de luz, mostrando que os grupos tratados e grupo controle lesado não apresentaram diferenças morfológica entre eles, tanto de estrutura dos axônios e organização celular, número de fibras quanto de espessura de bainha de mielina e dos axônios.

Os resultados de IFC, obtidos através da metanálise, demonstraram que o UST produz efeitos significativos em comparação ao grupo controle a partir de 21 dias após a lesão, sugerindo que o UST atue mais efetivamente no processo final da regeneração nervosa. Porém, quando utilizado corretamente, o UST pode atuar

nas três fases da cicatrização, acelerando o processo na fase inflamatória, intensificando a síntese de colágeno, conferindo mais resistência na fase de proliferação e, por fim, formando uma cicatriz mais forte e elástica na fase de remodelamento (SGANZELLA, 2007).

A ausência de resultados significativos nos tempos 0, 7 e 14 dias podem ser decorrentes do pequeno número de pesquisas, pequeno número amostral e variabilidade entre os estudos. Desta forma, não se descarta a hipótese de que o UST atue positivamente já na fase inflamatória, tendo em vista suas propriedades fisiológicas que melhoraram a resposta imune através do fracionamento das células inflamatórias, permitindo a limpeza do sítio da lesão por meio de macrófagos, além de permitir condições físicas para o crescimento axonal (PEREIRA et. al., 2014).

Da mesma forma, a análise morfométrica evidenciou que o UST produz efeitos positivos no processo de regeneração nervosa, evidenciando correlação entre a regeneração morfológica e a recuperação funcional. Estes resultados são explicados porque as células de Schwann são estimuladas pela sonificação, o que é visível pela grande atividade metabólica apresentada pela morfologia destas células (CRISCI, 2001), fazendo com que as bainhas de mielina sejam

refeitas precocemente (PEREIRA et al., 2014).

Estes efeitos benéficos produzidos pelo UST devem-se principalmente ao seu efeito térmico, que leva a uma dilatação nervosa, aumento na formação de novos vasos sanguíneos e melhoria na nutrição local, demonstrando que os fundamentos do UST na modalidade contínua podem ser aplicados como opção terapêutica na regeneração nervosa (FARFÁN E MATAMÁLA, 2013). Em relação aos parâmetros de dosimetria, embora a intensidade utilizada nessa modalidade tenha variado entre $0,16\text{W}/\text{cm}^2$ a $1\text{W}/\text{cm}^2$, observou-se que quanto maior a intensidade utilizada dentro desta faixa, maior será o efeito regenerativo do nervo lesionado.

Entretanto, ao analisar apenas o UST na modalidade pulsada, observou-se que este também apresentou resultados positivos, pois é capaz de mudar a atividade celular local, realizar uma alteração iônica da membrana e síntese celular, acelerando o processo de regeneração tecidual. Contudo, esses resultados foram observados apenas quando foram utilizadas baixas intensidades ($0,4\text{W}/\text{cm}^2$), frequência de 1MHz e tempo de 2 minutos. Ao contrário da modalidade contínua, altas intensidades apresentaram efeitos deletérios, não produzindo efeitos significativos na

regeneração nervosa (SGANZELLA, 2007).

CONCLUSÃO

Por meio desta revisão sistemática e metanálise concluímos que o UST apresentou resultados significativamente positivos sobre as variáveis estudadas quando realizados por um tempo de até 21 dias, sendo mais eficaz na modalidade contínua ($f=3\text{MHz}$ e $i=1\text{W/cm}^2$) devido ao seu efeito térmico. Entretanto, quando aplicado na modalidade pulsada em baixas intensidades ($f=1\text{MHz}$ e $i=0,4\text{W/cm}^2$), este também pode apresentar resultados positivos, enquanto altas intensidades podem produzir efeitos deletérios na regeneração nervosa.

REFERÊNCIAS

- CRISCI, A.R. **Estudo experimental dos efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade sobre a regeneração do nervo ciático de ratos após neurotomia, mediante avaliações morfológicas e morfométricas**. 2001. 100f. Dissertação (Mestrado). - Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
- FARFÁN, E e MATAMALA F. Tratamiento con ultrasonido continuo de alta intensidad en nervios isquiáticos de rata (Sprague Dawley) lesionados por compresión. *International Journal of Morphology*, v.29, n.3, p.787-791, 2011. <DOI: 10.4067/S0717-95022011000300019>.
- FARFÁN, E. e MATAMALA F. Estudio comparativo entre dos intensidades de ultrasonido continuo en la reparación del nervo espinal lesionado por compresión. *International Journal of Morphology*, v.31, n.3, p.1124-1129, 2013. <DOI: 10.4067/S0717-95022013000300056>.
- FORTERRE, F.; TOMEN, A.; RYTZ, U.; BRUNNBERG, L.; JAGGY, A.; SPRENG, D.; Iatrogênic sciatic nerve injury in eighteen dogs and nine cats (1997-2006). *Veterinary Surgery*, v.36, n.5, p.464-471, Jul. 2007. <DOI: 10.1111/j.1532-950X.2007.00293.x>.
- JATTE, F.G.; MAZZER, N.; MONTE-RASO, V.V.; LEONI, A.S.L; BARBIERI, C.H.; O UST na medula espinhal acelera a regeneração do nervo ciático de ratos. *Acta ortopédica brasileira*, v.19, n.4, p.213-218, 2011.
- LÓS, D.B.; IVSON, S.B.; KAMILLA, L.D.S.; ANDRADE, R.F.; SILVIA, M.R.A.; Efeito da natação na regeneração do nervo ciático após neurotome experimental. *Revista fisioterapia & saúde funcional*, v.5, n.1, p.23-29, jul. 2016.
- MONTE-RASO, VV.; BARBIERI, C.H.; MAZZER, N.; FASAN, V.S.; Can therapeutic ultrasound influence the

regeneration of peripheral nerves? *Journal of Neuroscience Methods*, v.142, n.2, p.185-192, Mar. 2005. < DOI: 10.1016/j.jneumeth.2004.08.016>.

MONTÉ-RASO, V.V.; BARBIERI, C.H.; MAZZER, N.; FASAN, V.S.; Os efeitos do UST nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos: análise funcional da marcha. *Revista brasileira de fisioterapia*, v.10, n.5, p.113-119, 2006. < DOI: 10.1590/S1413-5552006000100015.>.

OLIVEIRA, F.B.; PEREIRA, V.M.D.; TRINDADE, A.P.N.T.; SHIMANO, A.C.; GABRIEL, R.E.C.D.; BORGES, A.P.O.; Ação do laser terapêutico e do ultrassom na regeneração nervosa periférica. *Acta ortopédica brasileira*, v.20, n.2, p.98-103, 2012. <DOI: 10.1590/S1413-78522012000200008.>.

OLSSON, D.C.; MARTINS, V.M.V.; PIPPI, N.L.; MAZZANTI, A.; TOGNOLI, G.K.; Ultrassom terapêutico na cicatrização tecidual. *Ciência Rural*, v.38, n.4, p.1199-1207, jul. 2008. Disponível em: < DOI: 10.1590/S0103-84782008000400051.>

PEREIRA, T.; FERREIRA, B.S.O., ALVES, W.S.; FILHO, A.L.M.M.; Ação do ultrassom terapêutico e laser de baixa intensidade na regeneração nervosa em *Rattus norvegicus*. *ConScientiae Saúde*, v.13, n.1, p.22-30, 2014. <DOI: 10.5585/ConsSaude.v13n1.4731.>.

RASO, V.V.M. **Os efeitos do UST no tratamento de lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos**. 2002. 59p. Dissertação (Mestrado). - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo.

SGANZELLA, D. **Ultrassom pulsado de baixa intensidade na regeneração nervosa periférica de ratos**. 2007. 61f. Dissertação (Mestrado). – Escola de Engenharia de São Carlos/Faculdade de Medicina Ribeirão Preto/Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SIQUEIRA, R. Lesões nervosas periféricas: uma revisão. *Revista Neurociências*, v. 15, n.3, p.226-233, set. 2007.