

# INEFICÁCIA DA LASERTERAPIA APLICADA NO TRAJETO DO NERVO E NAS RAÍZES MEDULARES CORRESPONDENTES

LACK OF EFFECTIVENESS OF LASER THERAPY APPLIED TO THE NERVE COURSE AND THE CORRESPONDENT MEDULLARY ROOTS

FAUSTO FERNANDES DE ALMEIDA SOUSA<sup>1</sup>, THAÍS LOPES RIBEIRO<sup>1</sup>, VALÉRIA PAULA SASSOLI FAZAN<sup>1</sup>, CLAUDIO HENRIQUE BARBIERI<sup>1</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Verificar a influência da irradiação do laser de baixa intensidade na regeneração do nervo fibular comum de ratos após lesão por esmagamento. **Métodos:** Foram utilizados 25 ratos, divididos em três grupos: 1) nervo intacto, e não tratados; 2) nervo lesado, e não tratado; 3) nervo lesado, e laser irradiado sobre a região medular correspondente às raízes do nervo ciático e subsequentemente no trajeto do nervo lesado. A irradiação foi realizada por 14 dias consecutivos. **Resultados:** Foram avaliados por meio da análise funcional da marcha, através do índice funcional do peroneiro, e por análise morfométrica através do número total de fibras nervosas mielinizadas e sua densidade, número total de células de Schwann, número total de vasos sanguíneos e sua área, diâmetro mínimo da fibra e razão-G. **Conclusão:** De acordo com a análise estatística, não houve diferença significativa entre os grupos, e os autores concluem que a irradiação do laser de baixa intensidade possui pouca ou nenhuma influência na regeneração nervosa e recuperação funcional. **Trabalho experimental.**

**Descritores:** Regeneração nervosa. Ratos. Síndrome de esmagamento. Nervo fibular. Terapia a laser.

## ABSTRACT

**Objective:** To investigate the influence of low intensity laser irradiation on the regeneration of the fibular nerve of rats after crush injury. **Methods:** Twenty-five rats were used, divided into three groups: 1) intact nerve, no treatment; 2) crushed nerve, no treatment; 3) crush injury, laser irradiation applied on the medullary region corresponding to the roots of the sciatic nerve and subsequently on the course of the damaged nerve. Laser irradiation was carried out for 14 consecutive days. **Results:** Animals were evaluated by functional gait analysis with the peroneal functional index and by histomorphometric analysis using the total number of myelinated nerve fibers and their density, total number of Schwann cells, total number of blood vessels and the occupied area, minimum diameter of the fiber diameter and G-quotient. **Conclusion:** According to the statistical analysis there was no significant difference among groups and the authors conclude that low intensity laser irradiation has little or no influence on nerve regeneration and functional recovery. **Laboratory investigation.**

**Keywords:** Nerve regeneration. Rats. Crush injury. Fibular nerve. Laser therapy.

**Citação:** Sousa FFA, Ribeiro TL, Fazan VPS, Barbieri CH. Ineficácia da laserterapia aplicada no trajeto do nervo e nas raízes medulares correspondentes. Acta Ortop Bras. [online]. 2013;21(2):92-7. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

**Citation:** Sousa FFA, Ribeiro TL, Fazan VPS, Barbieri CH. Lack of effectiveness of laser therapy applied to the nerve course and the correspondent medullary roots. Acta Ortop Bras. [online]. 2013;21(2):92-7. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

## INTRODUÇÃO

A lesão de nervos periféricos resulta em parcial ou total perda motora, sensorial e funcional, alterações como danos traumáticos, doenças e tumores são comuns. A incidência destas lesões está estimada em mais de 500.000 novos pacientes por ano.<sup>1</sup> Diferentes estudos foram conduzidos em busca de melhora e ou aceleração da recuperação de nervos periféricos lesados. Entre os métodos de tratamento estudados está o laser de baixa intensidade, cuja utilização foi ampliada na última década.<sup>2,3</sup> Autores<sup>2,4-11</sup> concluíram que este tratamento promove influência positiva na re-

generação destas lesões. Já Bagis et al.<sup>12</sup> e Comelekoglu et al.<sup>13</sup> não observaram nenhuma ação benéfica.

Todavia, os estudos experimentais de regeneração de nervos periféricos não seguem a devida padronização na metodologia utilizada, apresentando aspectos controversos, uma vez que nem sempre é possível estabelecer correlação clara entre os resultados obtidos por diferentes métodos em uma mesma investigação, tão pouco entre os resultados obtidos por um mesmo método empregado em investigações diferentes.<sup>14</sup>

Os problemas encontrados na regeneração de nervos periféricos,

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

1. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Correspondência: Claudio Henrique Barbieri. FMRP-USP - Avenida dos Bandeirantes, 3900 - 14049-900. Ribeirão Preto, SP, Brasil. [chbarbie@fmrp.usp.br](mailto:chbarbie@fmrp.usp.br)

Artigo recebido em 07/08/2012, aprovado em 20/09/2012.

após a lesão, residem em como prevenir a degeneração retrógrada dos neurônios correspondentes na medula espinal.<sup>8</sup> Ocorrendo a regeneração nervosa, esta é de forma lenta e frequentemente incompleta.<sup>2,9</sup> O laser de baixa intensidade é comumente irradiado no local da lesão provocada pelo esmagamento. Rochkind et al.<sup>8</sup> utilizaram a irradiação do laser na raiz da medula espinal, no ramo que corresponde ao nervo ciático do rato (L2), e assim observaram aumento no metabolismo dos neurônios e melhora na produção de mielina proporcionando a aceleração da regeneração do nervo lesado. Anders et al.<sup>2</sup> descreveram que a eficácia do efeito da irradiação do laser de baixa intensidade na recuperação nervosa periférica pode ser aumentada se o segmento correspondente da medula espinal também for irradiado.

Este estudo tem como objetivo verificar a influência do laser de baixa intensidade de AsGaAl (830nm), irradiado na região medular corresponde à raiz do nervo ciático, e subsequentemente no trajeto do nervo lesado, após lesão por esmagamento do nervo fibular comum de ratos, através da análise morfométrica e da avaliação funcional da marcha.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal e Pesquisa da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Foram utilizados 25 ratos da linhagem *Wistar*, machos, com peso médio de 250 gramas. Divididos em três grupos: 1) Grupo Normal (n=5), não submetido a lesão e não tratados; 2) Grupo Controle (n=10), lesados e não tratados; 3) Grupo Tratado (n=10), lesados e tratados, em 2 pontos para cada região, sendo que na medula a aplicação foi centralizada nos pontos T13-L3 e no membro inferior nas extremidades da cicatriz. Os animais foram submetidos à anestesia com uma mistura de ketamina a 10% (0,1 ml/ 100g peso corpóreo) e xylazina a 2% (0,07 ml/100g peso corpóreo), administradas por via intraperitoneal, e em seguida foi realizada tricotomia e anti-sepsia no local cirúrgico do membro inferior direito para abordagem do nervo fibular comum e realização da técnica de esmagamento. A pinça esmagadora<sup>15</sup> produziu uma lesão de 5mm de comprimento, com peso de 5Kgf e tempo de esmagamento padronizado em 10 minutos, após o qual, não foi realizada a sutura dos músculos, somente a sutura da pele com fio de nylon 3-0 e finalizada com os devidos cuidados de higiene e anti-sepsia. Os procedimentos e alocação dos animais foram realizados no Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Os animais foram mantidos em gaiolas coletivas, com no máximo cinco animais cada, recebendo ração comercial e água à vontade.

### Laser terapia de baixa intensidade

O equipamento utilizado, foi o *Laserpulse*, da marca Ibramed, de baixa intensidade de diodo de Arseneto de Gálio e Alumínio (AsGaAl), pelo método transcutâneo pontual com contato, por 14 dias consecutivos, desde o primeiro dia de pós-operatório. A tricotomia, no local de irradiação, foi realizada repetidamente a cada 48 horas, com lâmina de barbear, anteriormente à terapia diária com o laser. O laser possuía as seguintes características: comprimento de onda de 830nm, modo de pulso contínuo, potência de 30mW e área de feixe de 0,116cm<sup>2</sup>. Em cada ponto foi utilizado 10,34J/cm<sup>2</sup> de densidade de energia, e a energia entregue por ponto foi de 1,2J.

### Avaliação funcional da marcha

Para a avaliação funcional foi utilizada uma esteira com velocidade controlada para captação da marcha, desenvolvida por Monte-Raso et al.<sup>16</sup> A esteira, com ajuste de velocidade de 0 a 14 metros por

minuto, foi confeccionada em acrílico, cuja transparência permitiu a filmagem da marcha do animal por meio de uma *webcam* com 1.3 megapixel acoplada a um computador portátil. As imagens captadas foram analisadas por meio do *software* AFNP – Análise Funcional dos Nervos Periféricos,<sup>17</sup> o qual calculou os parâmetros pré-determinados para a avaliação funcional da marcha. (Figura 1) Os animais foram previamente colocados para caminhar na esteira para assim se adaptarem. As impressões das pegadas foram obtidas no 7º e 14º dias após a lesão. Nas pegadas foram medidos os parâmetros: comprimento da pegada (PL, *print length*, distância máxima, entre a ponta do dedo central e o calcanhar); abertura total dos dedos (TS, *toe spread*, distância transversal entre as pontas do primeiro e do quinto dedo); e abertura intermediária (IT, *intermediate toes*, distância transversal entre as pontas do segundo e do quarto dedo). Estes mesmos dados foram lançados na fórmula de Bain et al.<sup>18</sup> a qual forneceu o Índice Funcional do Peroneiro (fibular comum) – PFI.



Figura 1. Tela de avaliação do programa AFNP (Avaliação Funcional de Nervos Periféricos).

### Análise morfométrica

No 15º dia de pós-operatório os animais foram pesados e mortos através de dose excessiva de anestésico, e coletado para análise a região proximal do nervo fibular comum. As amostras foram imersas em solução fixadora de glutaraldeído a 2,5% em tampão cacodilato de sódio 0,025M, pH 7,4 por 48 horas, a seguir foram pós-fixadas em tetróxido de ósmio a 1%, por 8 horas. Os fragmentos foram desidratados em concentrações progressivamente crescentes de etanol, posteriormente, imersos em mistura de resina epoxy (Epon 812) e óxido de propileno. A polimerização da resina foi feita em estufa a 60°C, por 72 horas. Os nervos foram incluídos em moldes de silicone. Os fragmentos foram seccionados a 0,5µm de espessura em micrótomo com navalhas de vidro e corados com azul de toluidina a 1%. A digitalização das imagens foi realizada com auxílio dos seguintes equipamentos: micro-computador, microscópio de luz Zeiss Axiophoto, platina motorizada Zeiss e câmera de vídeo JVC TK1270. As macros usadas para aquisição, contagem, ajuste e obtenção de medidas das fibras mielínicas foram desenvolvidas no próprio laboratório, usando a plataforma KS 400 (Kontron 2.0). Inicialmente a imagem do espécime foi analisada, visando mostrar a área transversal do nervo e seu fascículo constituinte. Em seguida, a imagem do fascículo foi digitalizada e

circundada manualmente para a obtenção da área do fascículo. A partir da imagem digitalizada foram obtidos quadros de 640 X 470 pixels com imagens das fibras mielínicas. Na morfometria, foi medida a área total do nervo, e contadas em 100% dos quadros, a quantidade de fibras nervosas mielinizadas, a quantidade de núcleos de células de Schwann, a quantidade e área dos vasos. O programa KS 400 selecionava aleatoriamente 30% dos quadros, nos quais foram medidos diâmetro mínimo do axônio, diâmetro mínimo da fibra mielínica e a razão G. Essa é dada pela razão entre o diâmetro mínimo do axônio e o diâmetro mínimo da fibra. Histogramas de distribuição de frequência dos diâmetros das fibras e dos axônios (separados em intervalos de classe de 0,5µm) dos grupos foram obtidos pelo aplicativo SigmaPlot.

### Análise estatística

Dados funcionais e morfométricos foram apresentados, assim como, a média e desvios padrão. Em virtude da maioria das variáveis não apresentar distribuição normal e do reduzido tamanho dos grupos, para atingir os objetivos comparativos, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, e quando necessário aplicado o teste *post hoc* de Dunn. Adotando como nível de significância  $\alpha \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

Não foi constatado nenhum quadro de infecção e deiscência da sutura durante o tratamento. Os animais toleraram bem o procedimento cirúrgico e se comportaram bem durante o tratamento com o laser.

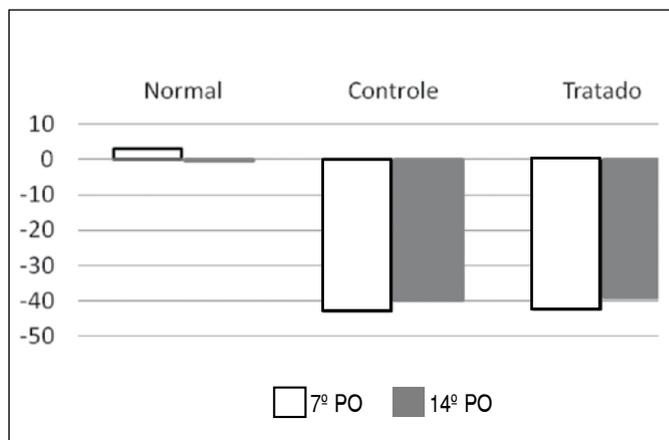
### Avaliação funcional da marcha

O estudo foi realizado com base em 50 imagens das pegadas em diferentes períodos, 7º e 14º dias de pós-operatório, os valores estão na Tabela 1 e Figura 2. O Grupo Normal, em relação aos Grupos Controle e Tratado, no 7º e no 14º dia de pós-operatório, apresentou

**Tabela 1.** Dados da avaliação funcional da marcha pelo PFI, no 7º e 14º dia de pós-operatório. Médias e desvios padrão dos grupos.

	Normal	Controle	Tratado
PFI - 7º dia	3,19 ± 5,71	-43,05 ± 9,34*	-42,50 ± 10,36*
PFI - 14º dia	-0,26 ± 21,62	-39,85 ± 9,36*	-38,88 ± 12,99*

\* Indica diferença significativa quando comparado ao Grupo Normal.



**Figura 2.** Avaliação funcional da marcha (PFI) no 7º e 14º dia de pós-operatório.

diferença significativamente superior ( $p < 0,001$  e  $p = 0,008$ ). Nos 7º e 14º dia de pós-operatório não foram observados nenhum valor significativo, quando comparados os Grupos Controle e Tratado.

### Análise morfométrica

Os dados morfométricos estão na Tabela 2. Em relação à quantidade de fibras mielínicas e sua densidade, o Grupo Normal, quando comparado aos demais dois grupos, apresentou diferença significativamente superior ( $p = 0,02$  e  $p = 0,02$ ). Entretanto, quando comparado os Grupos Controle e Tratado, não foi observado nenhum valor significativo. Em relação à quantidade de núcleos de células de Schwann e diâmetro mínimo das fibras mielínicas, quando comparados e intercalados os três grupos, não apresentaram diferença significativa.

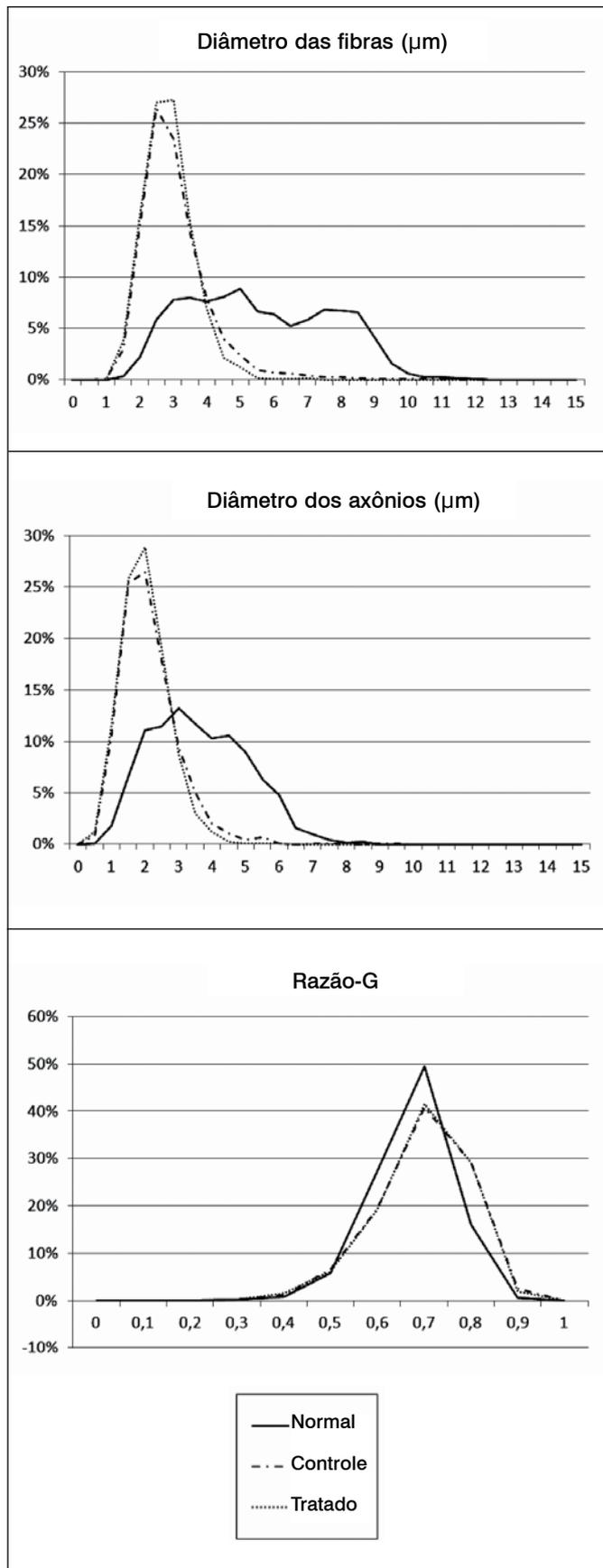
A distribuição da porcentagem de fibras mielínicas e dos axônios, (Figura 3) em relação aos valores de diâmetro mínimo, quando comparados e intercalados os três grupos, apresentaram diferenças significantes entre o Grupo Normal e os demais dois grupos, com  $p = 0,001$  e  $p = 0,001$ , respectivamente.

O histograma de distribuição do diâmetro mínimo das fibras mielínicas do Grupo Normal mostrou tendência a unimodalidade, com pico em 5µm (8,88%) de diâmetro com valores extremos de 1,5 e 12µm, mostrando um equilíbrio na quantidade de fibras pequenas e grandes. Já os Grupos Controle e Tratado, também mostraram tendência a unimodalidade, com pico de 2,5 e 3,0µm, frequência entre 26,48% a 27,25%, respectivamente, e valores extremos entre 1 a 12µm, mostrando grande quantidade de fibras pequenas, e desaparecimento mais acentuado das fibras grandes. Houve tendência do histograma de axônios acompanharem o histograma de fibras, porém com maior desvio a esquerda. O histograma de distribuição do diâmetro mínimo dos axônios mielinizados do Grupo Normal mostrou tendência a unimodalidade, com pico em 3µm (13,21%) de diâmetro com valores extremos de 0,5 e 8,5µm, mostrando grande quantidade de axônios pequenos e média quantidade de axônios grandes. Já os Grupos Controle e Tratado também mostraram tendência unimodal, com pico de 2µm, frequência entre 26,51% a 28,91%, e valores extremos entre 0,5 a 9,5µm, mostrando grande quantidade de axônios

**Tabela 2.** Dados da análise morfométrica. Médias e desvios padrão dos grupos.

	Normal	Controle	Tratado
<b>Fibras mielínicas</b>			
Números	1785 ± 170	889 ± 367*	899 ± 396*
Células de Schwann	34,20 ± 5,93	56,11 ± 24,11	45,88 ± 19,10
Diâmetro mínimo (µm)	398 ± 11	441 ± 58	464 ± 36
Densidade (fibras/mm²)	12196 ± 1825	4242 ± 2184*	4552 ± 2129*
<b>Capilar</b>			
Número	9,60 ± 3,5	5,10 ± 2,8*	4,20 ± 2,3*
Área (µm²)	533 ± 116	489 ± 403	259 ± 185*

\* Indica diferença significativa quando comparado ao Grupo Normal.



**Figura 3.** Distribuição dos diâmetros das fibras mielínicas, diâmetro dos axônios e razão-G nos grupos.

pequenos, e desaparecimento mais acentuado dos axônios grandes. (Figura 4)

A distribuição da porcentagem de fibras em relação aos valores da razão G, quando comparados e intercalados os três grupos, apresentou diferença significativa ( $p=0,02$ ) entre o Grupo Normal e Controle, e ( $p=0,002$ ) entre o Grupo Normal e Tratado. Todos os grupos apresentaram tendência a unimodalidade, com pico de 0,7, frequência de 49,50%, 40,76% e 41,54%, respectivamente, com valores extremos de 0,3 e 0,9.

Em relação à quantidade de vasos, quando comparados o Grupo Normal aos demais dois grupos, apresentou diferença significativamente superior ( $p=0,004$ ). Os Grupos Controle e Tratado não apresentaram diferença significativa entre si. Em relação à área dos vasos, o Grupo Normal, quando comparado ao Grupo Tratado, apresentou diferença significativamente superior ( $p=0,05$ ).

## DISCUSSÃO

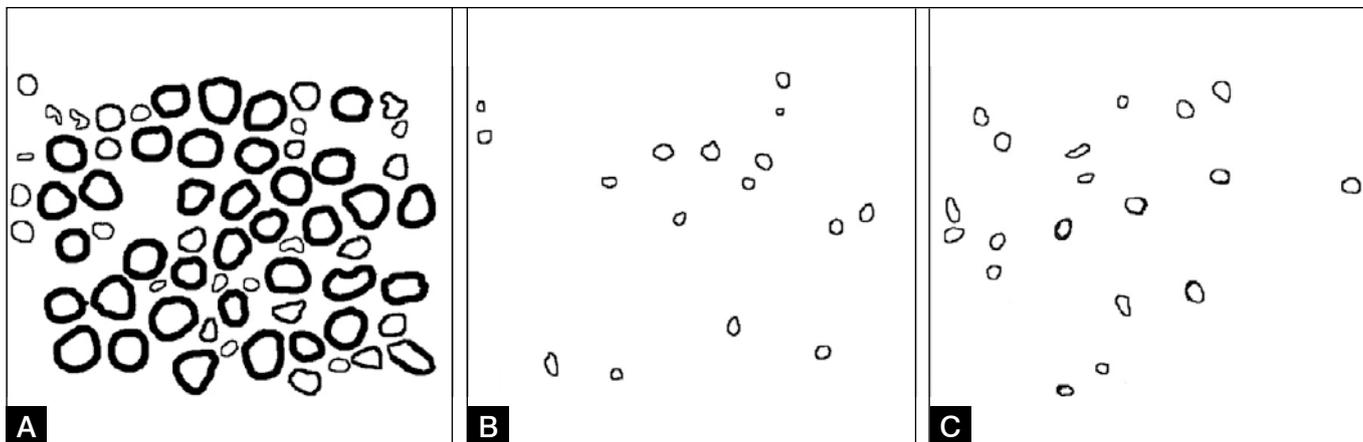
O rato foi o animal escolhido para o estudo, por possuir os nervos periféricos semelhantes aos dos humanos, bem como a fisiologia e os processos biológicos envolvidos na regeneração, sendo, portanto, o animal mais utilizado para esta investigação.<sup>1</sup> Pachioni et al.<sup>19</sup> concluíram que não há necessidade de utilizarmos cargas acima de 5kg, pois a mesma é suficiente para lesar os vasos intraneurais, especialmente os capilares endoneurais, produzindo assim uma importante lesão no axônio, caracterizando a lesão por axonotmese.

As publicações cujos tratamentos utilizaram o laser de emissão contínua mostraram um resultado positivo na regeneração nervosa periférica. Podendo ser, este tipo de laser, a primeira escolha para a promoção da regeneração nervosa.<sup>3</sup> Entretanto, Câmara et al.<sup>20</sup> utilizaram o laser AsGa de emissão pulsada e concluíram que ele influencia positivamente a regeneração do nervo ciático de ratos Wistar, após lesão por axonotmese, tornando mais rápida e eficiente a recuperação do nervo.

Autores<sup>4,6,7,21-24</sup> estudaram a influência do laser de baixa intensidade, irradiado no trajeto do nervo, sobre a lesão nervosa periférica, e encontraram efeitos positivos para a regeneração nervosa. Outros autores,<sup>8,24</sup> ao estudarem a irradiação na medula espinhal afirmaram, também, ter encontrado fatores positivos na recuperação. Já Bagis et al.,<sup>12</sup> ao realizar um estudo com esmagamento do nervo ciático de ratos, utilizou irradiação na medula com o laser AsGa e afirmou que o mesmo é ineficiente no reparo da lesão nervosa. No estudo de Bagis et al.,<sup>12</sup> dois fatores poderiam ter influenciado o fato de não ter sido encontrada melhora na regeneração nervosa, o provável pouco tempo de aplicação do laser, que foi de apenas sete dias consecutivos e a emissão pulsada do laser de baixa intensidade.

Anders et al.<sup>2</sup> propuseram que o efeito da irradiação do laser de baixa intensidade na recuperação nervosa periférica pode ser aumentado se além do trajeto do nervo, o segmento correspondente da medula espinhal também for irradiado. Futuros trabalhos investigaram a influência do laser na regeneração nervosa quando irradiado em ambos os locais, na medula e no nervo, assim como os estudos de Rochkind et al.<sup>25</sup> em ratos, e Rochkind et al.<sup>10</sup> em humanos, os quais mostraram uma melhora na regeneração nervosa, quando comparados com seus respectivos placebos.

Entretanto, neste estudo, o tempo de irradiação foi de 14 dias consecutivos, o laser, de emissão contínua, irradiado em ambos os locais, e ainda assim não foi observada melhora na regeneração.



**Figura 4.** Quadros binários de 640 x 470 pixels. Contorno das fibras mielínicas de cada grupo: Normal(A), Controle(B) e Tratado(C).

A regeneração dos nervos periféricos depende principalmente da resposta neuronal ao traumatismo ou doença, sendo o axônio a via para que o axoplasma produzido no corpo celular atinja os órgãos-alvo (fibras musculares, terminações sensitivas, vasos sanguíneos) e promova sua recuperação funcional. O esmagamento, como produzido na presente investigação, lesa a maioria dos axônios, que são ou restaurados ou substituídos no processo natural de regeneração. A maior velocidade de regeneração observada com a irradiação do laser pode ter sido devida a um efeito local, acelerando a regeneração do próprio axônio e de sua estrutura de sustentação, assim permitindo a progressão do axoplasma regenerado. Tal efeito provavelmente é mediado por fatores de crescimento de ação local, mas não pode ser afastada a possibilidade de que o laser também estimula a liberação de mediadores químicos e quimiotáticos, que aceleram a própria produção do axoplasma no corpo celular.<sup>26</sup>

A análise funcional da marcha tem provado ser um seguro método de avaliação funcional, acompanhando da lesão nervosa ao reparo,<sup>27</sup> possuindo uma forte correlação com a avaliação morfológica,<sup>27,28</sup> sendo uma oportunidade de avaliarmos os aspectos específicos da recuperação nervosa de maneira não invasiva.<sup>18</sup> Sousa et al.<sup>24</sup> concluíram que a irradiação do laser AsGaAl (830nm) de baixa intensidade foi capaz de acelerar e potencializar o processo de regeneração nervosa periférica de ratos no 14º dia de pós-operatório, de acordo com a avaliação funcional da marcha, tanto para o grupo tratado na medula quanto para o grupo tratado no nervo, não sendo observado melhora no grupo tratado em ambos os locais. Assim como neste estudo não foi encontrada diferença significativa na regeneração nervosa periférica, através da avaliação funcional da marcha.

Para realização da análise morfométrica, diferentes amostras são frequentemente utilizadas, entre elas: seleção de 15 campos aleatórios e distintos,<sup>20</sup> seleção de 3 campos aleatórios e distintos,<sup>29</sup> e 30% dos quadros.<sup>11</sup>

Tomazini et al.<sup>29</sup> quando analisaram a quantidade de fibras após o tratamento com laser de baixa intensidade na medula espinhal, concluíram que não ocorreu a regeneração do nervo periférico. Da mesma forma que neste estudo, a quantidade de fibras nervosas mielinizadas não foi suficiente para provocar a regeneração nervosa.

Câmara et al.<sup>20</sup> observaram diferença significativa entre os grupos, controle e tratado no membro lesado, para a proliferação de neu-

rônios e células de Schwann no 14º e 21º dias de tratamento, através da terapia a laser, demonstrando a eficiência do tratamento mesmo em um curto período de tempo. Neste estudo, os três grupos não apresentaram diferenças significativas, na quantidade de células de Schwann.

A presença predominante de fibras de diâmetro reduzido, e aspecto semelhante, nos grupos que sofreram esmagamento do nervo, indica não ter havido ação positiva na irradiação do laser de baixa intensidade no processo de maturação dos axônios em regeneração.<sup>29</sup> Assim como observado neste estudo, os grupos experimentais apresentaram grande quantidade de fibras pequenas, e desaparecimento mais acentuado das fibras grandes. Já Bae et al.<sup>30</sup> provocaram lesão por esmagamento no nervo ciático de ratos, realizaram a terapia com laser de baixa intensidade AsGa de 904nm no trajeto do nervo lesado, e posteriormente observaram, com sete semanas de tratamento, maior quantidade de axônios e fibras nervosas de grande diâmetro, o que indica qualidade de regeneração.

Quanto à razão-G, baixos valores (em torno de 0,4), geralmente indicam degeneração axonal, enquanto valores elevados (em torno de 0,7) indicam degeneração da mielina ou regeneração.<sup>28</sup>

No estudo de Bagis et al.<sup>12</sup> foi provocado uma lesão por esmagamento do nervo ciático de ratos, submetidos ao tratamento com o laser pulsado de AsGa (980nm), por 7 dias consecutivos, em dois pontos, um no nível da vértebra L2 e outro acima do local da ferida. O lado contra lateral foi utilizado como controle. Quatorze dias após o término do tratamento, as amostras não apresentaram diferenças qualitativas no padrão morfológico das fibras regeneradas, entre os nervos laser irradiados e contra-lateral (controle). Cortes histológicos de todos os nervos ciáticos revelaram irregularidades nos tamanhos e na degeneração de axônio, apresentando aumento da vascularização nas regiões regeneradas do nervo ciático. Constatando assim, que a laserterapia de baixa intensidade não foi capaz de provocar alterações detectáveis, não sendo eficaz na regeneração do nervo.

## CONCLUSÃO

A irradiação do laser de baixa intensidade de AsGaAl (830nm), irradiado na região medular corresponde à raiz do nervo ciático, e subsequentemente no trajeto do nervo lesado, não foi eficaz, apresentando pouca ou nenhuma influência sobre a regeneração nervosa e recuperação funcional.

## REFERÊNCIAS

- Rodríguez FJ, Valero-Cabré A, Navarro X. Regeneration and functional recovery following peripheral nerve injury. *Drug discovery today: Dis Models*. 2004;1(2):177-85.
- Anders JJ, Geuna S, Rochkind S. Phototherapy promotes regeneration and functional recovery of injured peripheral nerve. *Neurol Res*. 2004;26(2):233-9.
- Gigo-Benato D, Geuna S, Rochkind S. Phototherapy for enhancing peripheral nerve repair: a review of the literature. *Muscle Nerve*. 2005;31(6):694-701.
- Chen YS, Hsu SF, Chiu CW, Lin JG, Chen CT, Yao CH. Effect of low-power pulsed laser on peripheral nerve regeneration in rats. *Microsurgery*. 2005;25(1):83-9.
- Gigo-Benato D, Geuna S, de Castro Rodrigues A, Tos P, Fornaro M, Boux E, et al. Low-power laser biostimulation enhances nerve repair after end-to-side neurorrhaphy: a double-blind randomized study in the rat median nerve model. *Lasers Med Sci*. 2004;19(1):57-65.
- Marcolino AM, Barbosa RI, Neves LMS, Vinas TS, Duarte DTB, Mazzer N, et al. Laser de baixa intensidade (830 nm) na recuperação funcional do nervo isquiático de ratos. *Acta Ortop Bras*. 2010;18(4):207-11.
- Rochkind S, Barnea L, Razon N, Bartal A, Schwartz M. Stimulatory effect of He-Ne low dose laser on injured sciatic nerves of rats. *Neurosurgery*. 1987;20(6):843-7.
- Rochkind S, Nissan M, Alon M, Shamir M, Salame K. Effects of laser irradiation on the spinal cord for the regeneration of crushed peripheral nerve in rats. *Lasers Surg Med*. 2001;28(3):216-9.
- Rochkind S. Photoengineering of neural tissue repair processes in peripheral nerves and the spinal cord: research development with clinical applications. *Photomed Laser Surg*. 2006;24(2):151-7.
- Rochkind S, Drory V, Alon M, Nissan M, Ouaknine GE. Laser phototherapy (780nm), a new modality in treatment of long-term incomplete peripheral nerve injury: a randomized double-blind placebo-controlled study. *Photomed Laser Surg*. 2007;25(5):436-42.
- Santos AP, Suaíd CA, Xavier M, Yamane F. Functional and morphometric differences between the early and delayed use of phototherapy in crushed median nerves of rats. *Lasers Med Sci*. 2012;27(2):479-86.
- Bagis S, Comelekoglu U, Coskun B, Milcan A, Buyukakilli B, Sahin G, et al. No effect of GA-AS (904 nm) laser irradiation on the intact skin of the injured rat sciatic nerve. *Lasers Med Sci*. 2003;18(2):83-8.
- Cömelekoğlu U, Bağış S, Büyükakilli B, Sahin G, Erdoğan C, Kanik A. Acute electrophysiological effect of pulsed gallium-arsenide low-energy laser irradiation on isolated frog sciatic nerve. *Lasers Med Sci*. 2002;17(1):62-7.
- Monte-Raso VV, Barbieri CH, Mazzer N. Índice funcional do ciático nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Avaliação da reprodutibilidade do método entre examinadores. *Acta Ortop Bras*. 2006;14(3):133-6.
- Monte-Raso VV, Moro CA, Mazzer N, Fonseca MCR, Fazan VPS, Barbieri G, et al. Uma nova pinça regulável para a produção de lesões por esmagamento do nervo ciático do rato. *Acta Ortop Bras*. 2009;17(4):236-8.
- Monte-Raso VV, Fonseca MCR, Mazzer N, Barbieri G, Rosa RC, Zamarioli A, et al. Esteira com velocidade controlada para captação da marcha. *Acta Ortop Bras*. 2010;18(1):49-53.
- Yamasita AC, Mazzer N, Barbieri CH. Desenvolvimento de um software flexível no estudo de regeneração nervosa periférica. *Acta Ortop Bras*. 2008;16(3):177-9.
- Bain JR, Mackinnon SE, Hunter DA. Functional evaluation of complete sciatic, peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat. *Plast Reconstr Surg*. 1989;83(1):129-38.
- Pachioni CAS, Mazzer N, Barbieri CH, Fazzan 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.
- Câmara CNS, Brito MVH, Silveira EL, Silva DSG, Simões VRF, Pontes RWF. Histological analysis of low-intensity laser therapy effects in peripheral nerve regeneration in Wistar rats. *Acta Cir Bras*. 2011;26(1):12-8.
- Andraus RAC, Barbieri CH, Mazzer N. A irradiação local com o laser de baixa potência acelera a regeneração do nervo fibular de ratos. *Acta Ortop Bras*. 2010; 8(3):152-7.
- Barbosa RI, Marcolino AM, de Jesus Guirro RR, Mazzer N, Barbieri CH, de Cássia Registro Fonseca M. Comparative effects of wavelengths of low-power laser in regeneration of sciatic nerve in rats following crushing lesion. *Lasers Med Sci*. 2010;25(3):423-30.
- Gigo-Benato D, Russo TL, Tanaka EH, Assis L, Salvini TF, Parizotto NA. Effects of 660 and 780 nm low-level laser therapy on neuromuscular recovery after crush injury in rat sciatic nerve. *Lasers Surg Med*. 2010;42(9):673-82.
- Sousa FFA, Andraus RC, Barbieri CH, Mazzer N. Influência da irradiação do laser na regeneração nervosa em diferentes locais de tratamento. *Acta Ortop Bras*. 2009;17(6):331-5.
- Rochkind S, Leider-Trejo L, Nissan M, Shamir MH, Kharenko O, Alon M. Efficacy of 780-nm laser phototherapy on peripheral nerve regeneration after neurotube reconstruction procedure (double-blind randomized study). *Photomed Laser Surg*. 2007;25(3):137-43.
- Endo C, Barbieri CH, Mazzer N, Fasan VS. A laserterapia de baixa intensidade acelera a regeneração de nervos periféricos. *Acta Ortop Bras*. 2008;16(5):305-10.
- Oliveira EF, Mazzer N, Barbieri CH, Selli M. Correlation between functional index and morphometry to evaluate recovery of the rat sciatic nerve following crush injury: experimental study. *J Reconstr Microsurg*. 2001;17(1):69-75.
- Mendonça AC, Barbieri CH, Mazzer N. Directly applied low intensity direct electric current enhances peripheral nerve regeneration in rats. *J Neurosci Methods*. 2003;129(2):183-90.
- Tomazini API, Souza LGA, Araújo EJA, Azevedo JF, Araújo CV, Araújo SI, et al. Efeito do laser terapêutico de baixa potência no gânglio da raiz dorsal L5 de camundongos submetidos ao esmagamento do nervo ciático. *Braz J Vet Res An Sci*. 2011;48(1):54-61.
- Bae CS, Lim SC, Kim KY, Song CH, Pak S, Kim SG, Jang CH. Effect of Ga-as laser on the regeneration of injured sciatic nerves in the rat. *In Vivo*. 2004;18(4):489-95.