

# Comparação de diferentes comprimentos de onda do laser de baixa potência no sóleo de ratos Wistar após lesão nervosa

*Comparison of different low-level laser therapy wavelengths in the soleus of Wistar rats after nerve injury*

*Comparación entre diferentes longitudes de onda de láser de baja potencia en el sóleo de ratas Wistar tras lesión nerviosa*

Daniele Pelissari<sup>1</sup>, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro<sup>2</sup>, Luiz Gustavo Vasconcelos Machado<sup>3</sup>, Morgana Neves<sup>4</sup>, Rose Meire Costa<sup>5</sup>, Gladson Ricardo Flor Bertolini<sup>6</sup>

**RESUMO** | Os músculos esqueléticos podem ser afetados por lesões do sistema nervoso periférico, levando a fraqueza e atrofia muscular. Na tentativa de recuperar a funcionalidade dos músculos, existem vários recursos terapêuticos utilizados, dentre os quais o laser de baixa potência (LBP). Este estudo comparou o efeito do LBP em dois comprimentos de onda (660 nm e 830 nm), em características morfológicas do tecido muscular após axonotmese de nervos isquiáticos de ratos Wistar. Para tanto, foram utilizados 32 ratos Wistar, divididos em quatro grupos, sendo G1 (controle), G2 (lesão), G3 (lesão e tratamento com LBP de 660 nm) e G4 (lesão e tratamento com LBP de 830 nm). Os animais de G2, G3 e G4 foram submetidos à lesão do nervo isquiático e, três dias após a lesão, G3 e G4 realizaram tratamento com LBP de 660 nm e 830 nm, respectivamente. Após o tratamento, todos os animais foram eutanasiados e os músculos sóleos coletados para confecção das lâminas histológicas, visando a realização de análises morfológicas do tecido. Constatou-se que os animais submetidos à lesão sofreram alterações morfológicas na fibra, resultando em sua atrofia.

Foi percebido também que o LBP com comprimento de onda de 830 nm apresentou ligeiros sinais de recuperação das características morfológicas analisadas.

**Descritores** | Nervo Isquiático/lesões; Terapia a Laser; Modalidades de Fisioterapia.

**ABSTRACT** | Skeletal muscles may be affected by peripheral nervous system injuries, leading to muscle weakness and atrophy. Several therapeutic resources may be used in the attempt to recover the functionality of muscles, such as low-level laser therapy (LLLT). This study compared the effect of LLLT of two wavelengths (660 nm and 830 nm) on morphological characteristics of muscle tissue after axonotmesis of ischiatic nerves of Wistar rats. A total of 32 Wistar rats were divided into four groups: G1 (control), G2 (injury), G3 (injury and treatment with 660 nm LLLT) and G4 (injury and treatment with 830 nm LLLT). G2, G3, and G4 animals were submitted to sciatic nerve damage and, three days after the injury, G3 and G4 were treated with LLLT of 660 nm and 830 nm, respectively. After the treatment, all animals were euthanized, and the soles muscles were collected

<sup>1</sup>Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Cascavel (PR), Brasil. E-mail: daniele.pelissari@saude.gov.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8162-5851>

<sup>2</sup>Laboratório de Biologia Estrutural e Funcional da Unioeste - Cascavel (PR), Brasil.

E-mail: lucineia.cr@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5174-7399>

<sup>3</sup>Laboratório de Biologia Estrutural e Funcional da Unioeste - Cascavel (PR), Brasil.

E-mail: guhzvasconcelos@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1786-5073>

<sup>4</sup>Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Cascavel (PR), Brasil. E-mail: morgananeves26@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7639-4048>

<sup>5</sup>Laboratório de Biologia Estrutural e Funcional da Unioeste - Cascavel (PR), Brasil. E-mail: rosecb@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5344-5076>

<sup>6</sup>Laboratório de Estudo das Lesões e Recursos Fisioterapêuticos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - Cascavel (PR), Brasil. E-mail: gladsonricardo@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0565-2019>

to perform morphological analyzes of the tissue using histological slides. We verified that animals submitted to the lesion underwent morphological changes in the fiber, resulting in their atrophy. We also noticed that LLLT with a wavelength of 830 nm presented slight signs of recovery of the morphometric characteristics analyzed.

**Keywords** | Nervo Isquiático/injuries; Laser Therapy; Physical Therapy Modalities.

**RESUMEN** | Las lesiones en el sistema nervioso periférico pueden afectar los músculos esqueléticos y provocar debilidad y atrofia muscular. Para recuperar la funcionalidad de los músculos, se utilizan varios recursos terapéuticos, entre los cuales el láser de baja potencia (LBP). Este estudio comparó el efecto del LBP en dos longitudes de onda (660 nm y 830 nm) sobre las características morfológicas del tejido muscular después de la axonotmesis de los nervios ciáticos

en ratas Wistar. Para ello, se utilizaron 32 ratas Wistar, divididas en cuatro grupos: G1 (control), G2 (lesión), G3 (lesión y tratamiento con LBP de 660 nm) y G4 (lesión y tratamiento con LBP de 830 nm). Los animales de G2, G3 y G4 se sometieron a lesión del nervio ciático y, tres días después de la lesión, el G3 y G4 se sometieron al tratamiento con LBP de 660 nm y 830 nm, respectivamente. Después del tratamiento, todos los animales fueron sacrificados y se recogieron los músculos sóleos para la preparación de placas histológicas, con el fin de realizar análisis morfológicos del tejido. Se encontró que los animales sometidos a lesión sufrieron cambios morfológicos en la fibra, lo que resultó en atrofia. También se observó que el LBP con la longitud de onda de 830 nm presentó leves signos de recuperación de las características morfométricas analizadas.

**Palabras clave** | Nervio Ciático/lesiones; Terapia por Láser; Modalidades de Fisioterapia.

## INTRODUÇÃO

Os nervos periféricos são estruturas frequentemente afetadas pelos mais variados tipos de lesões traumáticas, como compressões e secções. Como consequência, ocorre a interrupção da transmissão dos impulsos nervosos, o que causa diminuição ou perda da sensibilidade e da função motora da área inervada. Em razão de sua localização e de sua extensão, o nervo isquiático é predisposto a lesões que afetam o tecido muscular relacionado ao seu trajeto, com atrofia da fibra e alterações estruturais que levam ao comprometimento das funções motoras do membro inferior<sup>1,2</sup>.

As medidas terapêuticas direcionadas ao tratamento das lesões musculoesqueléticas visam a aliviar o quadro algíco e a reduzir o processo inflamatório. Para tanto, são utilizados vários recursos, dentre os quais a administração de corticosteróides ou anti-inflamatórios não esteroidais, modalidades de calor terapêutico, atividade física controlada e laser de baixa potência (LBP)<sup>3</sup>.

O LBP é uma terapia não invasiva que apresenta como benefícios a redução da dor e a aceleração do processo de reparação tecidual<sup>4</sup> por meio de efeitos como vasodilatação e proliferação microvascular, aumento da atividade fagocitária, redução na liberação de ácido nítrico e ciclooxigenase-2, aumento na liberação de fatores de crescimento, além de aumento na deposição de colágeno<sup>3,5,6</sup>. Especificamente no reparo do nervo periférico, o LBP atua no aumento do número de células de Schwann, no diâmetro axonal e na espessura da bainha

de mielina, com menor destruição de ambas<sup>6,7</sup>, podendo, assim, promover melhor funcionalidade, em razão da promoção da recuperação nervosa<sup>8-10</sup>.

Contudo, existem resultados conflituosos sobre a terapia com LBP no que diz respeito ao reparo nervoso, que podem ser explicados pelas grandes variações dosimétricas, como, por exemplo, diferentes energias, tipo de radiação e comprimentos de onda<sup>11,12</sup>. Segundo Smith<sup>13</sup>, comprimentos de onda dentro do espectro vermelho seriam absorvidos diretamente pelo citocromo c oxidase dentro das mitocôndrias, enquanto os comprimentos de onda de infravermelho-próximo seriam absorvidos por moléculas presentes na membrana plasmática, podendo, dessa forma, produzir diferentes efeitos fisiológicos e, conseqüentemente, terapêuticos. Assim, este estudo comparou o efeito do LBP dentro do campo vermelho (660 nm) e infravermelho (830 nm) em características morfológicas e morfométricas do tecido muscular após lesão tipo axonotmese de nervos isquiáticos de ratos Wistar.

## METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caráter experimental e transversal, realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da instituição.

O grupo amostral foi composto por 32 ratos da linhagem Wistar, com 10 semanas de idade, mantidos

em caixas plásticas de polipropileno em ambiente com temperatura média de  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  e ciclo claro/escuro de 12 horas, além de livre acesso à água e à ração. Em seguida, os animais foram divididos em quatro grupos ( $n=8$ ):

- G1: controle absoluto, sem lesão;
- G2: animais submetidos apenas à lesão;
- G3: animais submetidos à lesão e ao tratamento com laser 660 nm;
- G4: animais submetidos à lesão e ao tratamento com laser 830 nm.

### Protocolo de lesão do nervo isquiático

Para a lesão tipo axonotmese, os animais de G2, G3 e G4 foram anestesiados com cloridrato de quetamina (80 mg/kg) e cloridrato de xilazina (10 mg/kg) via intraperitoneal. Em seguida, foram submetidos à tricotomia e incisão paralela às fibras do músculo bíceps femoral da coxa direita, o que expôs o nervo isquiático. Então, o nervo foi comprimido por pinça hemostática durante 30 segundos, no segundo dente da cremalheira<sup>14</sup>.

### Protocolo de tratamento

No terceiro dia após a lesão, o protocolo de tratamento foi iniciado. O LBP (Ibramed®) utilizado foi aferido em relação à potência, sendo utilizados os comprimentos de onda de 660 nm e 830 nm, respectivamente, para G3 e G4. O tratamento foi realizado durante duas semanas, com intervalo ao final de semana, totalizando 10 aplicações no local da compressão nervosa. Os parâmetros são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros dosimétricos para os grupos que realizaram terapia laser de baixa potência

Comprimento de onda	660 nm	830 nm
Fluência	10 J/cm <sup>2</sup>	10 J/cm <sup>2</sup>
Energia	0,6 J	1,2 J
Potência	30 mW	30 mW
Irradiância	0,5 W/cm <sup>2</sup>	0,25 W/cm <sup>2</sup>
Área de saída	0,06 cm <sup>2</sup>	0,12 cm <sup>2</sup>
Tempo de aplicação	20 s	40 s

### Confecção das lâminas histológicas

Ao final do tratamento, os animais foram anestesiados e eutanasiados por decapitação em guilhotina. Os músculos sóleos direitos foram retirados, limpos e fixados em

formalina 10%. Em seguida, o material foi diafanizado, impregnado e incluído em parafina. Cortes transversais de 7  $\mu\text{m}$  de espessura foram realizados em um micrótomo e corados por hematoxilina-eosina (HE).

### Análise das lâminas histológicas

Com auxílio de um microscópio de luz acoplado a uma câmera digital na objetiva de 40 $\times$ , capturou-se 10 imagens nos campos microscópicos para contagem de 100 fibras. Essas imagens foram analisadas com uso do programa Image-ProPlus 6.0 em relação à área e ao menor diâmetro. Também foram realizadas análises do número de fibras musculares e núcleos de miócitos; da relação entre o número de núcleos e o número de fibras musculares; da densidade de fibras musculares e da densidade de núcleos em uma área de 31.684  $\mu\text{m}^2$ , examinando cinco campos para cada grupo. Por fim, foi procedeu-se à análise morfológica, em que foram observadas características do tecido muscular, descritas e apresentadas em forma de pranchas morfológicas, observando-se o formato e a integridade das fibras musculares, além da posição de mionúcleos. Todas as análises foram realizadas pelo mesmo pesquisador, de forma cega.

### Análise estatística

Os dados foram analisados pelo programa BioEstat 5.0 e apresentados em tabela por média e desvio-padrão, com comparações entre grupos por Anova unidirecional, com pós-teste LSD. Em todos os casos o nível de significância foi de 5%.

## RESULTADOS

Os resultados para área e menor diâmetro mostram que os grupos com lesão apresentaram valores significativamente menores daqueles do grupo-controle, sendo que apenas na área houve aumento significativo do grupo tratado com 830 nm (G4) em relação ao grupo-lesão (G2). Para o número e densidade de fibras, todos os grupos eram significativamente diferentes, com valores crescentes para G1, G4, G2 e G3. Para o número e para a densidade de núcleos, houve diferenças significativas de G1 com relação aos demais, o que também ocorreu entre G3 e G4. Finalmente, para a relação núcleo/fibra, todos os grupos diferiram significativamente entre si, com valores decrescentes de G1, G4, G2 e G3 (Tabela 2).

Tabela 2. Apresentação em média e desvio-padrão dos valores obtidos para os diferentes grupos (G1-G4) para a área das fibras musculares ( $\mu\text{m}^2$ ), menor diâmetro ( $\mu\text{m}$ ), contagem de número de fibras e núcleos (área de  $31.684 \mu\text{m}^2$ ), densidade de fibras e núcleos, e relação núcleo/fibra

	G1	G2	G3	G4
Área	23.342,25±2448,44 A	9.481,29±2084,38 B	9.782,01±2090,15 BD	11.922,91±2015,67 D
< Diâmetro	107,50±17,53 A	64,83±8,50 B	71,96±9,21 B	65,44±7,23 B
Número de fibras	21±1,2 A	40,2±1,9 B	56,2±2,4 C	36,8±1,6 D
Densidade de fibras	0,66±0,04 A	1,27±0,06 B	1,77±0,07 C	1,16±0,05 D
Número de núcleos	63±3,4 A	100,8±1,6 BC	103,4±2,7 B	100±1,6 C
Densidade de núcleos	1,99±0,11 A	3,18±0,05 BC	3,26±0,08 B	3,16±0,05 C
Relação núcleo/fibra	3,01±0,22 A	2,51±0,12 B	1,84±0,08 C	2,72±0,13 D

Letras iguais denotam semelhança estatística, ou seja, quando não existem letras semelhantes dentro da mesma variável, para cada grupo, há diferença significativa. Ex.: área G1 foi diferente dos seguintes; G3 apresentou semelhança com G2 e G4, mas G2 e G4 foram diferentes entre si.

Em relação à análise morfológica foi possível observar que o grupo-controle manteve as características normais, com as fibras musculares em formato poligonal, miofibrilas íntegras e núcleos periféricos (Figura 1A). O grupo-lesão (G2) exibiu diversas alterações, sendo que as fibras se apresentaram atroficas, com formato

amorfo, desorganização das miofibrilas e presença de número de núcleos aumentados e globosos com halo basofílico, localizados no interior das fibras (Figura 1B). Os grupos tratamentos G3 e G4 mostraram características morfológicas semelhantes às do grupo-lesão (G2) (Figura 1C e 1D, respectivamente).

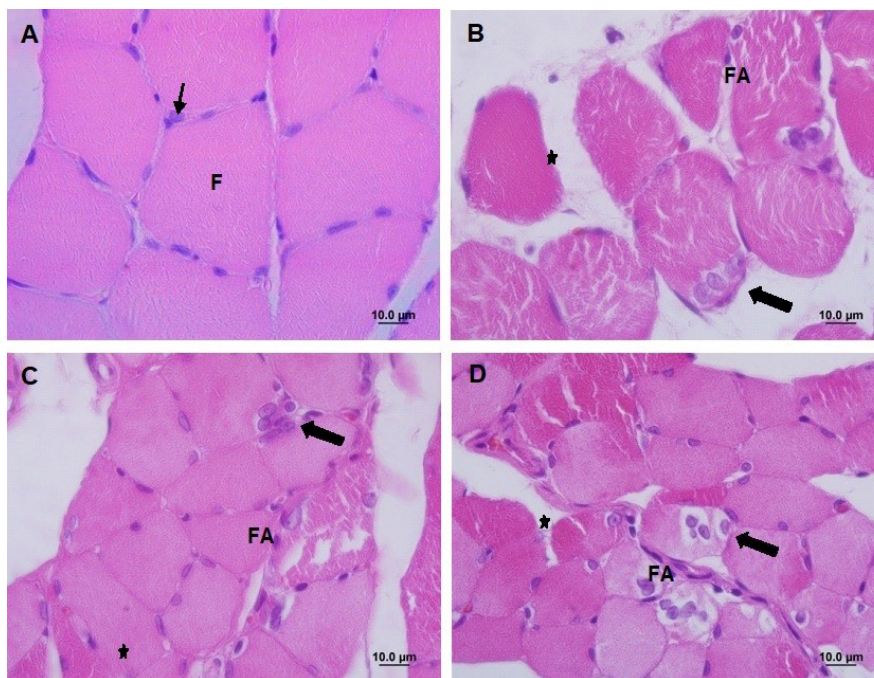


Figura 1. Análise morfológica do músculo sóleo de ratos Wistar em corte transversal, coloração HE. A: grupo-controle (G1), com características morfológicas normais do tecido muscular, fibras de formato poligonal e miofibrilas de aspecto homogêneo (F), com núcleos periféricos (seta fina); B: grupo-lesão (G2); C: grupo-lesão tratado com laser de 660 nm (G3); D: grupo-lesão tratado com laser de 830 nm (G4). Nos grupos B, C e D as fibras musculares se apresentaram atroficas de formato amorfo (FA), com diferenças tintoriais, denotando desorganização das miofibrilas (estrela), número de núcleos aumentados e globosos localizados no interior da fibra com halo basofílico (seta vasada).

## DISCUSSÃO

A recuperação da lesão nervosa periférica é diversas vezes avaliada por meio de testes funcionais<sup>8</sup>, e, como um dos principais efeitos dessa lesão é justamente

sobre o tecido muscular esquelético<sup>1</sup>, este estudo visou a comparar dois comprimentos de onda da terapia com LBP em características morfológicas de recuperação do tecido muscular após compressão do nervo isquiático, ainda que nenhum dos comprimentos de onda testados



tenha produzido essa recuperação, apresentando fibras musculares com características morfológicas semelhantes ao grupo-controle sem lesão. Foram observados resultados apenas ligeiramente melhores para o grupo que utilizou o comprimento de onda de 830 nm, no que se refere à área da fibra muscular.

Acredita-se que os comprimentos de onda dentro do campo vermelho possam ser absorvidos no citocromo c oxidase, enzima terminal da cadeia respiratória na mitocôndria, enquanto comprimentos de onda dentro do espectro infravermelho seriam absorvidos por proteínas na membrana citoplasmática, gerando, assim, efeitos biológicos semelhantes, porém com cascatas de eventos metabólicos diferentes<sup>13</sup>.

Em relação à análise morfométrica, ficou evidente pelas mensurações de área e do menor diâmetro que todos os grupos que sofreram lesão apresentaram atrofia das fibras musculares. Santana et al.<sup>1,15</sup> observaram, em modelo semelhante de lesão nervosa, características de trofismo das fibras musculares, com redução na força e alterações fenotípicas. Neste estudo, apenas o grupo que utilizou 830 nm obteve resultado superior ao do grupo-lesão para a área das fibras musculares, observando-se, assim, pequena evolução. No entanto, esse resultado não foi confirmado na avaliação do menor diâmetro da fibra muscular. O estudo também apresentou, para o grupo-controle, menor número de fibras musculares, de mionúcleos, da densidade de fibras e de mionúcleos, o que pode ser explicado pela hipotrofia resultante da lesão muscular para os demais grupos e desta forma, pelo campo avaliado, foi observado aumento em todas essas variáveis. Vale ressaltar que os valores observados para o grupo que utilizou LBP de 660 nm foram superiores para o número e para a densidade de fibras, apontando para piores resultados até mesmo se comparados ao grupo-lesão. Já o grupo que utilizou 830 nm, apesar de não ter resultados semelhantes aos do controle-absoluto, mostrou valores menores do que os outros grupos com lesão, sugerindo, assim, vantagens dessa terapia.

Machado<sup>16</sup> relata que durante o processo de regeneração muscular ocorre proliferação de células satélites, com conseqüente aumento do número de núcleos, para que a capacidade de hipertrofia seja ampliada. Cada núcleo fica responsável por um domínio de volume da fibra muscular, causando aumento do volume celular total. Isso explica o aumento do número de núcleos nos grupos lesionados observados neste estudo, tanto em valores totais quanto na densidade de núcleos, sendo que o grupo 660 nm apresentou valores

elevados em comparação ao grupo 830 nm, ou seja, teve piores resultados. Salienta-se que como havia um maior número de fibras nos grupos com lesão, a relação entre núcleo/fibra apresentou valores mais baixos para o grupo-controle, o que também ocorreu na comparação entre G4 e G3.

A partir da análise morfológica, foi possível perceber que G2, G3 e G4 sofreram alterações características de lesão muscular e que não houve retorno às propriedades normais do músculo em comparação ao grupo-controle. A morfologia normal das fibras musculares é descrita como células poligonais multinucleadas, sendo que os núcleos posicionam-se na periferia<sup>1,17</sup>, semelhante ao que foi encontrado no grupo-controle. Nos grupos em que foi realizada lesão nervosa foram encontradas algumas células com formato amorfo e núcleos globosos, estando alguns deles no interior da membrana sarcoplasmática. Além disso, houve sinais indicativos de lesão muscular, com presença de infiltrado inflamatório, núcleos no interior das membranas sarcoplasmáticas e aumento dos núcleos celulares, o que pode ser explicado pelo reflexo da raiz dorsal<sup>18</sup>.

Ressalta-se que foram realizadas apenas as análises morfológicas e morfométricas do tecido muscular. Dessa forma, é possível que observações de outras propriedades pudessem mostrar resultados diferentes em relação ao tratamento utilizado. Sugere-se, portanto, a realização de novos estudos que avaliem outras características, como, por exemplo, a presença de marcadores inflamatórios e função contrátil. Por fim, apesar de fluências e potências semelhantes, a energia entregue, a irradiância, a área de saída do aplicador e o tempo de irradiação foram diferentes, sendo possíveis fatores intervenientes nos resultados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a lesão do nervo isquiático causou atrofia e alterações morfológicas no tecido muscular dos ratos Wistar. Além disso, depreende-se que o tratamento com a terapia com LBP no comprimento de onda de 660 nm produziu resultados deletérios no sóleo, enquanto o comprimento de onda de 830 nm apresentou ligeiros sinais de recuperação das características morfométricas analisadas. Levando-se em consideração que foram comparados comprimentos de onda diferentes, com semelhante potência e densidade de energia, outros fatores dosimétricos também foram diferentes.

## REFERÊNCIAS

- Santana AJ, Debastiani JC, Buratti P, Peretti AL, Kunz RI, Brancalhão RMC, et al. Sericin and swimming on histomorphometric parameters of denervated plantar muscle in Wistar rats. *Einstein*. 2018;16(1):1-6. doi: 10.1590/s1679-45082018ao4137
- Tanaka S, Tsubaki A, Tachino K. Effect of exercise training after partial denervation in rat soleus muscles. *J Phys Ther Sci*. 2005;17(2):97-101. doi: 10.1589/jpts.17.97
- Souza MV, Silva MO. Laserterapia em afecções locomotoras: revisão sistemática de estudos experimentais. *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22(1):76-82. doi: 10.1590/1517-869220162201144326
- Wang C-Z, Chen Y-J, Wang Y-H, Yeh M-L, Huang M-H, Ho M-L, et al. Low-level laser irradiation improves functional recovery and nerve regeneration in sciatic nerve crush rat injury model. *PLoS One*. 2014;9(8):e103348. doi: 10.1371/journal.pone.0103348
- Buchaim RL, Andreo JC, Barraviera B, Ferreira Junior RS, Buchaim DV, Rosa Júnior GM, et al. Effect of low-level laser therapy (LLLT) on peripheral nerve regeneration using fibrin glue derived from snake venom. *Injury*. 2015;46(4):655-60. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.031
- Andreo L, Soldera CB, Ribeiro BG, Matos PRV, Bussadori SK, Fernandes KPS, et al. Effects of photobiomodulation on experimental models of peripheral nerve injury. *Lasers Med Sci*. 2017;32(9):2155-65. doi: 10.1007/s10103-017-2359-7
- Gonçalves RB, Marques JC, Monte-Raso VV, Zamarioli A, Carvalho LC, Fazan VPS, et al. Efeitos da aplicação do laser de baixa potência na regeneração do nervo isquiático de ratos. *Fisioter Pesqui*. 2010;17(1):34-9. doi: 10.1590/S1809-29502010000100007
- Takhtfooladi MA, Jahanbakhsh F, Takhtfooladi HA, Yousefi K, Allahverdi A. Effect of low-level laser therapy (685 nm, 3 J/cm<sup>2</sup>) on functional recovery of the sciatic nerve in rats following crushing lesion. *Lasers Med Sci*. 2015;30(3):1047-52. doi: 10.1007/s10103-015-1709-6
- Barbosa RI, Marcolino AM, Guirro RRJ, Mazzer N, Barbieri CH, Fonseca MCR. Efeito do laser de baixa intensidade (660 nm) na regeneração do nervo isquiático lesado em ratos. *Fisioter Pesqui*. 2010;17(3):294-9. doi: 10.1590/S1809-29502010000400002
- Rosa Júnior GM, Magalhães RMG, Rosa VC, Bueno CRS, Simionato LH, Bortoluci CHF. Effect of the laser therapy in association with swimming for a morphological nerve repair and functional recovery in rats submitted to sciatic axonotmesis. *Fisioter Pesqui*. 2016;23(1):12-20. doi: 10.1590/1809-2950/13929623012016
- 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. doi: 10.1007/s10103-003-0258-6
- Oliveira RF, Andrade Salgado DMR, Trevelin LT, Lopes RM, Cunha SRB, Aranha ACC, et al. Benefits of laser phototherapy on nerve repair. *Lasers Med Sci*. 2015;30(4):1395-406. doi: 10.1007/s10103-014-1531-6
- Smith KC. Molecular targets for low-level light therapy. *Laser Ther*. 2010;19(3):135-42. doi: 10.5978/islsm.19.135
- Bridge PM, Ball DJ, Mackinnon SE, Nakao Y, Brandt K, Hunter DA, et al. Nerve crush injuries: A model for axonotmesis. *Exp Neurol*. 1994;127(2):284-90. doi: 10.1006/exnr.1994.1104
- Santana AJ, Debastiani JC, Kunz RI, Buratti P, Brancalhão RMC, Ribeiro LFC, et al. Association of sericin and swimming on the phenotype, motor plate, and functionality of the denervated plantar muscle of Wistar rats. *J Exerc Rehabil*. 2018;14(1):24-31. doi: 10.12965/jer.1835138.569
- Machado M. Atualidades em fisiologia do músculo esquelético: célula satélite e hipertrofia. *Rev Perspect Online*. 2008;5(1):116-20.
- Lovison K, Vieira L, Kunz RI, Scarton SRS, Antunes S, Karvat J, et al. Resistance exercise recovery morphology and AQP1 expression in denervated soleus muscle of Wistar rats. *Motricidade*. 2018;14(1):40-50. doi: 10.6063/motricidade.11788
- Stein T, Souza-Silva E, Mascarin L, Eto C, Fin FE, Tonussi CR. Histaminergic pharmacology modulates the analgesic and antiedematogenic effects of spinally injected morphine. *Anesth Analg*. 2016;123(1):238-43. doi: 10.1213/ANE.0000000000001326