

AÇÃO DA IRRADIAÇÃO LASER DE BAIXA FREQUÊNCIA (LLLT) SOBRE OS MECANISMOS CELULARES ENVOLVIDOS NA REPARAÇÃO DE TECIDO NERVOSO PERIFÉRICO.

Miguel Fernandes de Abreu¹, Diego Santos Fagundes².

1. Massoterapeuta, Fisioterapeuta.

2. Fisioterapeuta, Doutor em Farmacologia, Docente da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA).

RESUMO

Os nervos periféricos são alvo constante de lesões traumáticas que podem resultar em déficits motores e sensitivos. O LLLT é um recurso terapêutico utilizado pela fisioterapia com efeitos anti-inflamatório, analgésico, estimulante celular e modulador na regeneração de tecidos biológicos atuando na reparação de tecidos nervoso, muscular, ósseo, epitelial e muitas outras estruturas. O LLLT vem sendo utilizado com diversos materiais ativadores, comprimentos de onda, potência e densidades de energia com objetivo de estimular a regeneração dos nervos periféricos. Nesta revisão abordou os diferentes protocolos utilizados na regeneração de tecidos biológicos. O LLLT acelera a cicatrização nos tecidos estimulando a mitocôndria na síntese de DNA e RNA, acelerando o metabolismo, provocando aumento da síntese protéica e modificações no pH intra e extra celular. Mais estudos são necessários para definir os parâmetros mais eficazes de aplicação para elucidar as alterações promovidas na regeneração e funcionalidade do tecido nervoso periférico.

Palavras-chave: Regeneração Nervosa, Terapia a Laser de Baixa Intensidade, Fenômenos Fisiológicos Celulares, Efeitos da radiação.

ABSTRACT

Peripheral nerves are the Constant target of traumatic injuries that can result in sensory and motor deficits. The LLLT is a therapeutic tool used by physical therapy with effects: anti-inflammatory, analgesic, stimulating cell regeneration and modulating the biologic tissues acting in the repair of nervous tissue, muscle, bone, epithelial the other structures. The LLLT has been used which various active materials, wavelengths, power and energy densities in order to stimulate the regeneration of peripheral nerves. This review aims the different protocols used in the regeneration of biological tissues. The LLLT accelerates the healing tissue by stimulating the mitochondria in the synthesis of DNA and RNA, speeding up the metabolism, causing increased protein synthesis and changes in intra-and extracellular pH. More studies are needed to define the parameters most effective application to elucidate the changes made in the regeneration and functionality of peripheral nervous tissue.

Keywords: Nerve Regeneration; Laser Therapy Low Level; Cell Physiologic Phenomenon; Effects of Radiation.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema nervoso divide-se em Sistema Nervoso Central (SNC), e Sistema Nervoso Periférico (SNP) (MAHMUD, 2005; AFIFI; SERPA, 2007).

O neurônio possui um corpo celular, (AFIFI; CHAVES, 2007), com núcleo e organelas, responsável por funções relevantes para a sobrevivência da célula como o armazenamento do material genético e síntese protéica tendo como diferencial anatômico os anexos a ele ligados: os dendritos e os axônios (AFIFI, 2007; MUELLER, 2008).

A função dos dendritos é captar os impulsos elétricos enviados pelos neurônios, por meio de neurotransmissores que provocam variações no potencial elétrico do neurônio abrindo ou fechando canais iônicos, permitindo ou impedindo o transito de íons específicos (AFIFI; ANNUNCIATO e OLIVEIRA; CHAVES; NOVAK; SERPA, 2007)

O axônio é um seguimento longo e fino, pode ser mielínico ou amielínico, revestido por células de Schwann no SNP e por oligodendrócitos no SNC (AFIFI,

2007; MUELLER; OLIVEIRA, 2008) pode chegar a um metro e vinte ou até mais (AFIFI, 2007), ligado ao corpo celular, e por ele transitam os estímulos eferentes (SERPA, 2007), possuindo em sua extremidade os telodendros e botões terminais que enviam impulsos elétricos denominados sinapses (AFIFI, 2007; CANDIOTTO, 2008). Sinapses são sinais que os neurônios pré-sinápticos transmitem através dos axônios para os neurônios pós-sinápticos que captam esses sinais através dos dendritos, axônios ou o soma. Estas podem ser: (i) Elétricas, passando em altíssima velocidade do neurônio pré para o pós- sináptico. (ii) Químicas, onde o neurônio pré-sináptico através do botão terminal interage com uma área específica no neurônio pós-sináptico que contém receptores para neurotransmissores e canais iônicos (LOPES et al., 1999).

O axônio mielínico tem intervalos regulares na bainha de mielina conhecidos como nodo de Ranvier que auxilia no transporte dos impulsos nervosos através de impulsos saltatórios que aumentam a velocidade do potencial de ação (AFIFI, 2007; MUELLER; VIOTT,

Artigo/Article

2008). O conjunto de vários axônios forma o nervo que pode ter fibras mistas, sensitivas ou motoras (AFIFI, 2007).

O nervo é revestido por três camadas: (i) Epineuro: Funciona como uma barreira impermeável (VIOTT, 2008), composta de tecido areolar, espesso, contendo vasos sanguíneos e linfáticos (MUELLER, 2008; SILVA, 2009); (ii) Perineuro: Constituído por tecido conjuntivo e fibroblastos dispostos em camadas concêntricas separando os fascículos individualmente, proporcionando elasticidade e resistência às tensões (AFIFI, 2007; MUELLER; OLIVEIRA, 2008; SILVA, 2009). Nele são encontradas fibras de colágeno tipo I em sua camada externa e tipo III em sua camada interna e também fibras elásticas (MUELLER, 2008; OLIVEIRA, 2008); (iii) Endoneuro: Envolve individualmente cada axônio contendo matriz celular e extracelular rica em glicoproteínas produzidas pelos fibroblastos ou células de Schwann que lubrificam os axônios durante os movimentos do corpo, fazendo também a manutenção iônica das fibras nervosas favorecendo a condução dos

impulsos nervosos na realização das sinapses (AFIFI, 2007; VIOTT, 2008).

1.1. TIPOS DE LESÃO NERVOSA

Nervos periféricos são alvo constante de lesões traumáticas que podem resultar em déficits motores com o decorrer do tempo (KOKA e HADLOCK, 2000; GRECCO et al., 2003) alterando suas propriedades mecânicas e neuroquímicas podendo proporcionar complicações irreversíveis (MARCOLINO et al., 2010; GONÇALVES et al., 2010).

As lesões mais comuns são: esmagamento, distensões, rupturas completas resultantes de avulsão que mesmo com tratamentos inovadores de reconstrução, a regeneração morfológica e funcional dificilmente ocorre por completo (MONTE RASO et al., 2004).

As lesões nervosas são definidas de diferentes formas: Seddon as classifica em neuropraxia, axonotmese e neurotmese e Sunderland em: tipo I, tipo II, tipo III, tipo IV e tipo V de acordo com a gravidade da lesão (AFIFI; LIANZA; OLIVEIRA, 2006; SIQUEIRA, 2007;

Artigo/Article

BRUGGEMANN et al.; MUELLER, 2008; ANDRAUS, 2009).

Lesões leves como a neuropraxia se recuperam mais rapidamente, axoniotmese é mais grave e necessita de tratamento conservador para haver recuperação ou ainda mais grave como a neurotmese, em que, somente há tratamento cirúrgico (BURNETT E ZAGER, 2004; BRUGGEMANN et al., 2008; MARCOLINO et al., 2010).

1.2. REGENERAÇÃO NERVOSA

Após a lesão ocorre degeneração Walleriana na porção distal à lesão e a degeneração retrógrada na porção proximal da lesão sendo que em ambas os macrófagos e as células de Schwann fagocitam as estruturas preparando o tubo endoneural para receber o citoplasma gerado pelo soma durante a regeneração nervosa (BUERGER et al., 2003; AFIFI, 2007; REIS; MUELLER; OLIVEIRA, 2008; SILVA e CAMARGO, 2010). A regeneração do axônio começa poucas horas após a lesão onde brotos surgem de cada axônio se dirigindo até o órgão

alvo, mediados por fatores tróficos secretados pelas células de Schwann (AFIFI; SIQUEIRA 2007; MUELLER, 2008).

1.3. HISTÓRIA DO LASER

A denominação laser é um acrônimo de amplificação da luz por emissão estimulada de radiação light amplication by stimulated emission of radiation (LLLT) (KAHN, 2001; CORRÊA, 2003; MENDONÇA, 2009).

O primeiro aparelho foi construído em 1960 por Theodore Maiman, cientista norte americano, em Malibu nos Estados Unidos da América, com comprimento de onda de 694,3 nanômetros (nm), tendo uma barra de rubi como material ativador (BOURGUIGNON FILHO et al., 2005; ANDRAUS, 2009).

O LLLT utilizado pelo fisioterapeuta é caracterizado por um feixe de luz com capacidades especiais com efeitos antiinflamatório, analgésico, regenerativo e cicatrizante (FERREIRA; VIEIRA, 2006; MOREIRA, 2008), destacando a capacidade bioenergética que

Artigo/Article

aumenta a capacidade respiratória e a síntese de adenosina trifosfato (ATP), estimulando modificações mitocondriais (MOREIRA, 2008; NAKAJIMA, 2009).

1.4. TIPOS DE LASER E BASES FÍSICAS DA RADIAÇÃO

Os Lasers de Hélio-Neônio (HeNe), ou com semicondutores diodos, o Arseneto de Gálio (GaAs), Arseneto de Gálio, Alumínio (AsGaAl) e Arseneto de Gálio e Índio (AsGaIn), tem efeitos biomodeladores não térmicos e sua potência máxima é de 500 mW (miliwatts) (KAHN; LOW, 2001; KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009). O LLLT é uma forma de energia eletromagnética transmitida por partículas de energia que percorrem o espaço em forma de ondas, chamadas de prótons (SÁNCHEZ, 2007).

Por ser diferente da luz comum o LLLT precisa conter substância radioativa capaz de absorver energia de uma fonte externa e provocar mudanças em sua configuração subatômica emitindo

fótons (LOW, 2001; KITCHEN, 2003, MENDONÇA, 2009).

Ao absorver energia necessária para ir a um orbital com nível de energia mais elevado, o elétron se muda para esse orbital, ficando em estado de excitação, permanecendo lá por pouco tempo, devido à instabilidade da estrutura, retornando a sua origem, liberando o excesso de energia em forma de fóton, fenômeno conhecido como emissão espontânea (LOW, 2001; KITCHEN, 2003, ROCHA, 2004; MENDONÇA, 2009).

É diferente da luz comum por apresentar três propriedades, a saber: coerência, monocromaticidade e colimação (LOW, 2001; KITCHEN, 2003, ROCHA, 2004; MENDONÇA, 2009). A coerência permite que todos os fótons sejam emitidos no mesmo comprimento de onda, sincronicamente no tempo e no espaço, evitando perda de energia chegando ao tecido com a mesma carga energética, já a luz comum emite vários comprimentos de onda em várias direções, sem sincronia, com colisão de fótons e perda de energia (CORRÊA; KITCHEN, 2003,

Artigo/Article

ROCHA, 2004; VIEIRA, 2006; MENDONÇA, 2009).

1.5. DOSAGENS DO LLLT

A dose ótima efetiva terapêutica de radiação concentra-se no comprimento de onda, energia emitida ao tecido, área do feixe, potência do pico, potencia média, tempo de aplicação, densidade de potência, modo de aplicação (pulsado ou contínuo), tipo de tecido da terapia (LOW, 2001; KTCHEN, 2003; FUKUDA, 2007; MENDONÇA, 2009). (FRONZA, 2009).

A dosagem do LLLT é expressa em joules por centímetro quadrado (J/cm^2) (VIEIRA, 2006; MENDONÇA, 2009)

1.6. TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DO LLLT

Existem duas técnicas de aplicação do LLLT: pontual e varredura, que podem ser utilizadas de forma combinada ou individual sendo que a aplicação pontual é geralmente utilizada para tratamento em pequenas áreas lesionadas enquanto a aplicação por varredura é

utilizada em lesões de maior amplitude (MENDONÇA, 2009) e o LLLT pontual é a técnica mais utilizada (ANDRAUS, 2009).

1.7. INDICAÇÕES E CONTRA INDICAÇÕES DO LLLT

Está indicado para o tratamento de lesões abertas, úlceras de decúbito, úlceras diabéticas, lacerações, incisões, dor crônica e aguda e déficits de amplitude de movimento articular (KAHN, 2001; ANDAUS, 2009) e para combater inflamações, edemas e na regeneração e cicatrização de tecidos nervosos, ósseos, além de osteoartrites, osteoartroses, lipodistrofia ginóide (MENDONÇA, 2009) porem ainda existe controvérsias quanto sua eficácia no tecido nervoso periférico (ANDRAUS, 2009).

É contra indicada a aplicação direta nos olhos, em gestantes, em tecidos neoplásicos, placa epifisária, pacientes com epilepsia, pacientes fotossensíveis ou temporariamente sensíveis por efeito medicamentoso e em quadros hemorrágicos (KAHN;

Artigo/Article

LOW, 2001; KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009; ALVES et al., 2010).

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura específica, relativa e atual sobre a ação do LLLT na regeneração dos nervos periféricos.

Foram recuperados 186 artigos que abordavam o tema, mas apenas 53 artigos (28,40 %) atenderam os critérios de inclusão estabelecidos para esta revisão, ou seja, publicações na íntegra nos idiomas português, inglês ou espanhol publicados entre os anos de 1999 a 2011. Excluíram-se os artigos duplicados ou encontrados em mais de uma fonte. As fontes bibliográficas pesquisadas foram: BVS (Biblioteca Virtual em Saúde), PUBMED (U.S. National Library of Medicine National Institutes Health), livros da Biblioteca Julio Bordignon da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA, em Ariquemes/RO. Como estratégia para a busca de referencial bibliográfico utilizou-se os Descritores

Controlados em Ciência da Saúde (DeCS), como Regeneração Nervosa/Nerve Regeneration/Regeneración Nerviosa; Terapia a Laser de Baixa Intensidade/Laser Therapy Low Level/Terapia Laser de Baja Intensidad; Fenômenos Fisiológicos Celulares - Cell Physiologica Phenomenon Fenomeno Fisiológico Celular; Efeitos da radiação/Effects of Radiation/ Efectos de la Radiación.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. MECANISMOS DE INTERAÇÃO DO LLLT COM OS TECIDOS BIOLÓGICOS E EFEITOS SOBRE OS NERVOS PERIFÉRICOS

O LLLT aplicado nos tecidos biológicos provoca alterações denominadas efeito primário, secundário ou terapêutico (SALGADO, 2002), onde os efeitos primários são bioquímicos, bioelétricos e bioenergéticos enquanto os efeitos secundários são estímulos a microcirculação e ao trofismo celular (LOW, 2001; KITCHEN; CORRÊA, 2003).

Artigo/Article

Pesquisas sugerem que o efeito bioquímico desencadeado pelo LLLT aumente a produção de ATP (Adenosina Trifosfato) e controlem a produção de ácido aracdônico que transforma a prostaglandina em prostaciclina, explicando seu efeito antiinflamatório e antiedematoso, provocam o aumento da produção de histamina e outras substâncias relacionadas ao estímulo da dor como a endorfina circulante (CORRÊA, 2003; FERREIRA, 2006; OLIVEIRA, 2009) provocam variação no pH intra e extracelular, agem como estimulante na síntese de DNA e RNA (NAKAJIMA, 2009) e alteram ainda as reações enzimáticas normais na síntese de ATP e no bloqueio de enzima ciclooxigenase (SALGADO, 2002; KITCHEN, 2003; MENDONÇA, 2009). Ao atingir o tecido biológico a energia dos fótons poderá ser transferida para a molécula produzindo efeitos fotoquímicos, fotofísicos, fototérmicos e fotoelétricos (SALGADO, 2002; REIS, 2006; REIS et al., 2008; NAKAJIMA, 2009).

Os efeitos conhecidos do LLLT na célula são: Estimulante na mitocôndria, na síntese de DNA e

RNA, aceleração do metabolismo, aumento da síntese protéica, modificações no pH intra e extra celular, e, em células em estresse funcional, os efeitos da LLLT tornam-se ainda mais efetivos (ROCKIND et al., 2007 a; b; ROCHKIND 2009; ROCHKIND et. al. 2009; NAKAJIMA, 2009).

O LLLT atua inicialmente na absorção de luz pelos cromóforos onde os citocromos da mitocôndria têm a função de converter ADP em ATP que é a fonte de energia da célula e responsável por conduzir a síntese protéica, a replicação e motilidade celular e a manutenção do potencial de membrana (ROCKIND et al., 2007 a; b; ROCHKIND 2009) e, devido a fotosensibilidade do citocromo a energia do LLLT é convertida em ATP após ser absorvida (FERREIRA, 2006; BARBOSA et al., 2010).

Nos últimos anos vem sendo realizados estudos com vários parâmetros de aplicação do LLLT, com o objetivo de estimular a regeneração dos nervos periféricos (BELCHIOR, 2006; REIS et al., 2008).

Artigo/Article

Endo (2002) utilizando o LLLT de 904 nm concluiu em avaliação do Índice Funcional do Ciático (IFC) proporciona benefícios temporários no nervo ciático de ratos em lesões por esmagamento enquanto que sob avaliação morfológica constatou-se um processo de regeneração elevado em relação ao grupo não irradiado Endo et al., (2008), concluíram que a irradiação com LLLT de 904 nm, modo pulsado, influencia positivamente na regeneração do nervo ciático de ratos após lesão por esmagamento, confirmando os resultados anteriormente alcançados. Tillvitz e Silva (2009) e Câmara et al., (2011) concluíram que o LLLT de 904 nm é eficiente na regeneração do nervo ciático de ratos em lesões por esmagamento e Tillvitz e Silva (2009) ainda destacaram que a recuperação nervosa é mais rápida e eficiente quando submetida a radiação do LLLT. No entanto, Tomazini (2011) utilizando o LLLT 632, 8 e 904 nm no modo pulsado, relatou não ter obtido efeitos positivos na regeneração dos neurônios no sistema nervoso periférico, não identificou ação protetora relativas à sobrevivência dos neurônios sensitivos em lesões

por esmagamento em camundongos, contradizendo os resultados apresentados anteriormente.

Oliveira (2006) concluiu que o uso de LLLT de 830 nm, modo contínuo apresentou benefícios na restauração da função, aumento na área da bainha de mielina em lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Andraus (2009) concluiu que a aplicação do LLLT AsGaAl de 830 nm, modo contínuo estimulou a regeneração do nervo tibial em ratos após lesão por esmagamento. Brito (2010) concluiu que a aplicação do LLLT 830 nm, modo contínuo apresenta efeitos benéficos ao nervo ciático após 14 dias de tratamento, independentemente da dose aplicada, proporcionando efeito protetor ao sistema músculo esquelético após lesão por esmagamento não influenciando na recuperação funcional dos músculos acometidos. Gonçalves et al., (2010) destacou em seus achados que a ação do LLLT contribuiu na redução da inflamação diminuindo a degeneração da bainha de mielina e diminuição de infiltrados inflamatórios, concluindo que a LLLT de 830 nm, modo contínuo com

Artigo/Article

densidade de 4 J/cm^2 , pode proporcionar a diminuição do processo inflamatório em lesões do nervo ciático de ratos.

Marcolino et al., (2010), concluíram que o LLLT de 830nm, modo contínuo apresentou eficácia no IFC de ratos acelerando a recuperação da marcha em lesões por esmagamento, enquanto Andraus et al., (2010) concluíram que o LLLT de 830 nm, modo contínuo acelera e provavelmente potencializa o processo de regeneração do nervo fibular em ratos após o 21º dia da lesão por esmagamento.

Gigo-Benato (2010) Concluiu que em lesões do tipo neurotmese apenas o protocolo de tratamento com LLLT no comprimento de onda 660 nm, modo contínuo com densidade de 120 J/cm^2 apresentou efeitos benéficos na regeneração do nervo ciático de ratos enquanto os protocolos de comprimento de onda 660 nm, modo contínuo com densidade de 60 e de 120 J/cm^2 e 780 nm, modo contínuo com densidade de 10 J/cm^2 acelerou a área de seção transversa das fibras e auxiliou no remodelamento da matriz

extracelular no músculo tibial de ratos.

Rochkind et al., (2007 a; b) concluíram que o LLLT de 780 nm no modo contínuo tem efeitos benéficos na regeneração nervosa periférica em lesões por esmagamento, neurorrafia ou reconstrução do neuro tubo. Rochkind (2009) e Rochkind et al. (2009) concluíram que o LLLT de 780 nm, modo contínuo tem efeitos benéficos na regeneração nervosa periférica em lesões parciais, melhorando a função quando o tratamento se inicia precocemente.

Reis (2006) concluiu que o LLLT 660 nm alcançou efeitos benéficos na regeneração do tecido nervoso melhorando consideravelmente o Índice Funcional do Ciático (IFC) além de atuar na eliminação de processos inflamatórios e cicatrização das lesões, em avaliação morfométrica não apresentou alterações na bainha de mielina em lesões do tipo neurotmese em ratos após anastomose. Belchior (2006) concluiu que o LLLT de 660 nm, modo contínuo proporciona efeitos positivos na recuperação funcional mais evidente no 14º dia após a lesão em

Artigo/Article

relação ao grupo controle, porém, sob avaliação morfométrica do nervo ciático, após não demonstrou mudanças significativas em relação a bainha de mielina.

Reis et al., (2008) concluíram que ao LLLT 660 nm, modo contínuo não apresentou ganhos consideráveis no IFC nos métodos e parâmetros utilizados na pesquisa, porém, a avaliação morfométrica demonstrou alterações expressivas na quantidade de mielina, contradizendo os resultados apresentados por Reis (2006) em sua monografia, por Belchior (2006). Barbosa et al., (2010) concluíram que o LLLT de AsGaAl de 660 nm no modo contínuo surtiu efeitos benéficos na recuperação funcional do nervo de maneira precoce que sugere benefícios na regeneração do nervo ciático de ratos após lesão por esmagamento.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a maioria das pesquisas com LLLT apontam resultados positivos na regeneração nervosa em lesões dos nervos

periféricos, melhorando sua capacidade funcional, destacando as aplicações efetuadas no modo contínuo, porém, não existe um padrão em relação aos parâmetros de aplicação não havendo definição quanto ao comprimento de onda, energia emitida, potência do pico, densidade de potência, modo e tempo de aplicação.

Sugerem-se novas pesquisas com fins de elucidar as possíveis influências do LLLT na regeneração dos nervos periféricos, de forma a auxiliar na composição de protocolos terapêuticos mais eficazes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFFIFI, A. K. **Neuroanatomia Funcional: Texto e Atlas- 2ª Edição**, São Paulo: Roca, 2007.
2. ALVES, W.S. et al., **Terapia com Laser 670 nm no Tratamento da DPOC experimental em ratos**, 2010. [on line]. Disponível em: <<http://www4.uninove.br/ojs/index.php/saude/article/view/2443/1838>>. Acesso em 16/set/2011.
3. ANDRAUS, R. A. C.- **Efeitos da irradiação a laser de baixa potência na regeneração do nervo fibular comum do rato submetido a lesão por esmagamento**, 2009. Dissertação

Artigo/Article

(Mestrado em Ciências Médicas)
Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto da Universidade de São Paulo.

4. ANDRAUS, R. A. C.; BARBIERI, C. o H.; MAZZER, N.. A irradiação local com o laser de baixa potência acelera a regeneração do nervo fibular de ratos. **Acta Ortop. Bras.**[on line]. 2010; 18(3); 152-7. 2010.

5. ANNUNCIATO, N. F.; OLIVEIRA, C. E. N., La Influencia de La Terapia sobre los procesos plásticos Del sistema nervioso: teoria e invesigación(I), **Revista de Fisioterapia**, vol. 06, nº 1, Junio, 2007.

6. BARBOSA, R. I. et al. Efeito do laser de baixa intensidade (660 nm) na regeneração do nervo isquiático lesado em ratos. **Fisioter Pesq.** vol.17, n.4, pp. 294-299. ISSN 1809-2950. 2010.

7. BELCHIOR, A. C. G. **Estudo da influência da aplicação do laser de baixa potência arsenieto de gálio e alumínio (660 nm) sobre a recuperação funcional e morfológica do nervo ciático de ratos após lesão por esmagamento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2006.

8. BORATO, E. et al, Avaliação Imediata da Dor e Edema em Lesão Muscular Induzida por Formalina Tratada com Laser 808 nm. **Rev. Bras. Med. Esporte-** vol. 14 n 5-Set/Out, 2008.

9. BOURGUIGNON FILHO, A. M. et al., Utilização do Laser de Baixa Intensidade no Processo de Cicatrização Tecidual. Revisão de Literatura. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial.** V. 46, n 1, 2005.

10. BRITO, A.F. **Diferentes doses de laser no tratamento neural após compressão experimental do nervo ciático de ratos submetidos a hipocinesia dos membros pélvicos.** Dissertação (Magister Scientiae) Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010.

11. BRUGGMANN, K. et al. **Fisioterapia em Neurologia,** Editora Santos, São Paulo, 2008.

12. BUERGER, C. et al. **Efeitos da laserterapia de baixa potência sobre os processos de regeneração do tecido nervoso periférico,** 2003. [on line]. Disponível em: <http://www.clinicaverri.com.br/_.../regeneracaonervosperifericos.pdf>- Acesso em 19 mai.2011.

13. BURNETT, M. G.; Zager, E. L. **PATHOPHYSIOLOGY OF PERIPHERAL NERVE INJURY: A BRIEF REVIEW.** **Neurosurg.Focus**/Volume 16/May, 2004.

14. BUSNARDO, V.L.; SIMÕES, M.L.P.B. Os Efeitos do Laser Hélio Neônio de baixa intensidade na cicatrização de lesões cutâneas induzidas em ratos. **Rev. Bras. Fisioter,** São Carlos, v. 14, n. 1, p. 45-51, jan./fev. 2010.

Artigo/Article

15. CÂMARA, C.N.S. et al., Histological analysis of low-intensity laser therapy effects in peripheral nerve regeneration in Wistar rats, **Acta Cirúrgica Brasileira** – Vol. 26 (1) 2011.
16. CANDIOTTO, K. B. B. **Metáforas e modelos da mente: das teorias do século xx à teoria modular de Jerry Fodor e o estatuto epistemológico das metáforas e modelos em filosofia da mente.** Tese (Doutorado em Filosofia) Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, 2008.
17. CHAVES, J. F., **Síntese de estruturas bio-inspiradas baseada em redes de neurônios pulsantes.** Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática Computacional). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2007.
18. CORRÊA, K. P. **Verificação dos resultados da aplicação do laser de baixa potência, a 830 nm, em úlcera de pressão de paciente portador de seqüela de traumatismo raquimedular.** Estudo de caso, 2003. [on line]. Disponível em: <<http://www.unioeste.br/projetos/elrf/monografias/2003/mono/25.pdf>>. Acesso em 16/set/2011.
19. ENDO, C.- **Estudo dos efeitos do tratamento com laser num modelo experimental de lesão nervosa por esmagamento do nervo ciático em ratos.** Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, 2002.
20. ENDO, C. et al., LOW-POWER LASER THERAPY ACCELERATES PERIPHERAL NERVES' REGENERATION, **Acta Ortop. Bras** [on line]. 16(5):305-10. 2008.
21. FERREIRA, M. A.. **Efeitos do laser de baixa intensidade no processo de cicatrização em ratos jovens e idosos: estudo morfométrico e morfológico,** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO-UNIFENAS.
22. FRONZA, B. R.. **Efeito da laserterapia no funcionamento da glândula tireóide: estudo em coelhos,** 2009. Tese (Doutorado em Odontologia). Fac. de Odontologia, PUCRS.
23. FUKUDA, T.Y., Análise da dose do laser de baixa potência em equipamentos nacionais. **Rev. Bras. Fisioter**, São Carlos, v.12, n 1, p. 70-4, jan./fev. 2008. [on line]. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v12n1/13.pdf>>. Acesso em 10/set/2011.
24. GIGO-BENATO, D. **Análise da regeneração do nervo isquiático de ratos em lesões moderadas e graves sob ação do laser de baixa intensidade,** 2010. Tese (Doutorado em Fisioterapia), Universidade Federal de São Carlos.
25. GONÇALVES, R. B. et al **Efeito da aplicação do laser de baixa potência na regeneração do nervo isquiático de ratos. Fisioterapia e Pesquisa,** São

Artigo/Article

- Paulo, v.17, n.1, p.34-9, jan/mar. 2010.
26. GRECCO, M. A. S. et al., Estudo da regeneração nervosa em nervos tibiais de ratos Wistar utilizando o Fluoro-Gold como marcador neuronal. **Acta Ortop Bras** 11(4) - Out/Dez, 2003.
27. KAHN, J.. **Princípios e prática de eletroterapia**, 4 ed, Santos, São Paulo, SP, 2001.
28. KITCHEN, S.- **Eletroterapia: Prática baseada em evidências**-Cap. 12 p. 171-187. 11 Ed., Manole, Barueri, São Paulo, 2003.
29. KOKA, R.; HADLOCK, T. A. Qualification of Funtional Recovery Following Rat Sciatic Nerve Transection. **Experimental Neurology** 168, 192-195, 2001.
30. LOPES, A.C.P. et al., ASPÉCTOS MOLECULARES DA TRANSMISSÃO SINÁPTICA. **Medicina- Ribeirão Preto** 32: 167-188, abr./jun. 1999.
31. LOW, John- **Eletroterapia Explicada** princípios e prática, Cap. 14, p. 389- 407. 1 Ed. bras., Manole, Barueri, São Paulo, 2001.
32. MAHMUD, M. A. I. **Tensão neural na síndrome do túnel do carpo: relação entre o teste de provocação de tensão neural e o estudo de condução nervosa em pacientes sintomáticos, encaminhados para eletrodiagnóstico**, 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas, Epdemiologia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
33. MARCOLINO, A. M. et al.,- Low intensity laser (830 nm) na recover of the sciatic nerve in rats, [on line]. **Acta ortop. Bras**.vol.18(4):207-11, 2010.
34. MENDONÇA, G. B. M.. **Efeitos Terapêuticos do Laser de Baixa Potência na Regeneração de Nervos Periféricos** (Revisão de Literatura), 2009. [on line]. *Disponível em:* <http://www.ufg.br/this2/uploads/files/66/Giselle_Mendonca_1c.pdf -> . Acesso em 01/mai/2011.
35. MONTE-RASO, V. V. et al., **Can** therapeutic ultrasound influence the regeneration of peripheral nerves?, 2004. **Journal of Neuroscience Methods** 142 (2005) 185–192
36. MOREIRA, O. S. M.. **Efeito do laser de baixa Intensidade sobre a Regeneração do Músculo Esquelético Em Camundongos Através da Análise de Expressão Gênica com Branched de DNA (bDNA)**. Tese (Doutorado em Fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, 2008.
37. MUELLER, S. F.- **Regeneração axonal proveniente de nervo intacto para nervo parcialmente lesado utilizando neurraxia término lateral-trabalho experimental no plexo braquial de ratos**, Tese (Doutorado em Bases Gerais da Cirurgia) Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, São Paulo, 2008.
38. NAKAJIMA, E. K.- **avaliação da eficácia do laser em baixa intensidade de 808nm no**

Artigo/Article

tratamento da deficiência neurosensorial pós cirurgias orais. Dissertação (Mestrado em Lasers na Odontologia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

39. NOVAK, E. M., **Estudo Histomorfométrico Da Cicatrização E Regeneração Em Nervos Isquiáticos De Ratos Submetidos A Deslizamento Epineural Do Coto Distal e Sutura Microcirúrgica Término-Terminal,** Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2007.

40. OLIVEIRA, L. S.- **Regeneração nervosa e recuperação funcional após eletroestimulação muscular e exercício de natação na fase aguda da axoniotmese,** Dissertação (Mestrado em Avaliação e Intervenção Fisioterapêutica) Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2008.

41. OLIVEIRA, M. X. **Efeitos Da Terapia Led de Baixa Intensidade em Tendinite em Modelo Experimental,** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2009.

42. OLIVEIRA, T. H. S.. **Efeito da terapia com laser de 830 nm,** operando em baixa potência sobre o processo de reparação neuronal em ratos, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2006.

43. REIS, F.A. **Análise da influência do laser de baixa potencia arsenieto de gálio e alumínio (660nm) sobre a recuperação funcional e morfológica do nervo ciático** de ratos após lesão por neurotmesa seguida de anastomose epineural, Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2006.

44. REIS, F. A. et al., **Effect of gallium-aluminum-arsenide laser therapy (660Nm) on recovery of the sciatic nerve in rats following neurotmesis lesion and epineural anastomosis: functional analysis,** Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 215-21, may/june 2008.

45. ROCHA, J. C. T.. **Terapia Laser, Cicatrização Tecidual e Angiogenese,** Revista Brasileira em Promoção da Saúde, 17 (1) 44-48, 2004.

46. ROCHKIND, S. et al., **Efficacy of 780-nm Laser Phototherapy on Peripheral Nerve Regeneration after Neurotube Reconstruction Procedure (Double-Blind Randomized Study),** **Photo medicine and Laser Surgery** Vol. 25, n 3, Mary Ann Liebert, Inc p. 137-143, 2007a.

47. ROCHKIND, S. et al., **Laser Phototherapy (780 Nm), a New Modality en Treatment of Long-Term Incomplete peripheral nerve injury: A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Study,** **Photomedicine and Laser Surgery** Vol. 25, n 5, Mary Ann Liebert, Inc p. 436-442. 2007b.

Artigo/Article

48. ROCHIKND, S. et al., Increase of Neuronal Sprouting and Migration Using 780 nm Laser Phototherapy as Procedure for Cell Therapy. **Lasers in Surgery and Medicine** 41:277-281, 2009.
49. ROCHKIND, S. Phototherapy in peripheral nerve injury: effects on muscle preservation and nerve regeneration, **International Review of Neurobiology**. v.87, p.445-64, 2009.
50. SALGADO, J.F.M. **Avaliação da Velocidade do Processo de Regeneração Óssea Primária, Conjugando a Técnica de Regeneração Óssea Guiada com Membrana de Colágeno Aniônico e Terapia Laser de Baixa Potência**. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2002.
51. SÁNCHEZ, M. E. C. El láser de media potencia y sus aplicaciones em medicina. **Plasticidad e Restauración Neurológica**, Información General v. 6 n. 1 p. 45-53 Enero-Diciembre, Distrito Federal do México, 2007.
52. SERPA, R. F. B.- **Análise multielementar de tecidos cerebrais através da microfluorescência de raios x e de fluorescência de raio x por reflexão total**, Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Nuclear) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.
53. SILVA, A.M. **Regeneração nervosa e recuperação funcional após estimulação elétrica de alta voltagem**. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia, Área de concentração: Intervenção Fisioterapêutica) Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, São Paulo, 2009.
54. SILVA, C.K.; CAMARGO, E.A. MECANISMOS ENVOLVIDOS NA REGENERAÇÃO DE LESÕES NERVOSAS PERIFÉRICAS. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 93-98, jan/abr. 2010.
55. SIQUEIRA, R. Lesões nervosas periféricas: uma revisão **Rev Neurocienc**;15/3:226-233, 2007.
56. SOUSA, F. F. A. et al. Influência da irradiação do laser na regeneração nervosa em diferentes locais de tratamento. **Acta Ortop Bras**. 2009; 17(6):331-5
57. TILLVITZ, C.; SILVA, D. S. G., **Análise Comparativa Dos Efeitos Da Laserterapia De Baixa Potência E Ultra-Som Terapêutico Sobre Os Processos De Regeneração Nervosa Periférica Em Ratos Wistar**, 2009. [on line].Disponível em: <<http://www.unama.br/.../analisecomparativa-dos-efeitos-da-aserterapia-de-baix>> Acesso em 12/mai/2011.
58. TOMAZINI, A. P. I. Efeito do laser terapêutico de baixa potência no gânglio da raiz dorsal L5 de camundongos submetidos ao esmagamento do nervo ciático. **Bras. J. Vet. Anim. Sci.**, São Paulo, v. 48, n 1, p. 54-61, 2011.
59. VIEIRA, S. A. L.. **Efeito do laser de baixa potência na cicatrização de feridas cutâneas experimentais**, 2006. 49 f.

Artigo/Article

Dissertação (Mestrado em Promoção de Saúde) Universidade de Franca, Franca, São Paulo.

60. VIOTT, A.M, **Os nervos periféricos e suas alterações**

neoplásicas. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.