

A LASERTERAPIA NA OSTEOGÊNESE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

LOW LEVEL LASER ON OSTEOGENESIS: A LITERATURE REVIEW

Rafael Medeiros da Silva¹ e Palloma Rodrigues de Andrade²

¹ Pós-graduado em Fisioterapia Ortopédica e Desportiva, pela Faculdade Natalense para Desenvolvimento do Rio Grande do Norte (Farn).

² Professora do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB); professora adjunta do Centro Universitário de João Pessoa – Unipê, na disciplina de Fisioterapia Geral I; professora do Instituto de Educação Superior da Paraíba – Iesp, nas disciplinas de Psicologia Organizacional, Psicologia Social e da Comunicação e Comportamento do Consumidor.

Data de entrada do artigo: 26/06/2012

Data de aceite do artigo: 03/10/2012

RESUMO

Introdução: a laserterapia de baixa intensidade vem sendo utilizada na cicatrização de diversos quadros patológicos há quatro décadas. **Objetivo:** considerando-se a falta de padronização de protocolo e achados conflitantes, o objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros de aplicação e efeitos da laserterapia sobre a osteogênese por meio de uma revisão de literatura. **Materiais e método:** foi realizada uma revisão de literatura dos últimos 15 anos, utilizando-se artigos publicados em bases de dados do Lilacs, Medline, Ibics, PubMed, SciELO e Biblioteca Cochrane. **Resultados:** foram analisados 50 artigos experimentais que atingiram os critérios de inclusão. O tipo de *laser* de arseneto de gálio e alumínio (GaAlAs), com o comprimento de onda de 830nm, e ainda os modos de operação contínuo e de aplicação pontual foram os mais utilizados, o que não ocorreu com a dosagem, havendo grande variabilidade. A análise histomorfométrica foi a técnica de avaliação de crescimento ósseo mais empregada. A grande maioria dos artigos mostrou efeitos favoráveis à osteogênese e à aceleração de cicatrização óssea. **Conclusões:** a laserterapia evidenciase como uma modalidade terapêutica eficaz no crescimento e na aceleração do tempo de consolidação óssea, favorecendo a osteogênese, sendo possível apontar ainda um protocolo que utiliza o *laser* GaAlAs, de 830nm, contínuo e pontual, com intervalos de 24 horas entre as sessões.

Palavras-chave: *laser*; osteogênese; reparo ósseo; revisão de literatura.

ABSTRACT

Background Data: The low level laser therapy (LLLT) has been used on the healing of several pathologies in the last four decades. **Objective:** Considering the literature is filled up with studies that do not use standard protocols and several findings do not go together well, the objective of this study is to evaluate the LLLT effects on osteogenesis throughout a literature review. **Methodology:** A literature review of the last 15-year's literature was accomplished, the bases of which are articles published by Lilacs, Medline, Ibices, Pub Med, SciELO and Cochrane Library. Fifty experimental studies reached the inclusion criteria. **Results:** Gallium-aluminum-arsenicum laser (GaAlAs), with 830nm wavelength, as well as the continuous operation modes and daily punctual application are the most used ones. This, nevertheless, has not been evidenced in relation to dosage because of its great variability. The histomorphometric analysis is the mostly used bone-growth evaluation among the studies. Most of the articles showed favorable effects toward bone growth and bone-healing time reduction. **Conclusion:** The LLLT is an effective bone-growth treatment as it accelerates the bone consolidation time, promotes the osteogenesis and proposes a protocol as regards the continuous and punctual use of the 830nm GaAlAs laser, in daily applications. As to the dosage, it was observed that there is not a consensus on the amount of energy supplied to the tissue consolidation.

Keywords: *laser*; osteogenesis; bone healing; literature review.

1. INTRODUÇÃO

No mundo, acontecem milhões de fraturas todo ano. Só nos Estados Unidos, estima-se que ocorreram 5,6 milhões de fraturas anualmente, e que de 5% a 10% delas sejam decorrentes de atraso ou insuficiência na cicatrização ⁽¹⁾. De acordo com dados do Data-SUS¹ ⁽²⁾, no ano de 2009, ocorreram 797.100 eventualidades que resultaram em trauma ósseo e, no ano de 2010, até o mês de março, esse número foi de 196.588.

Após o trauma ósseo, o indivíduo passa, muitas vezes, por longos períodos de inatividade, interferindo no retorno e na readaptação às suas atividades laborais. Além do tempo de imobilização, muitos fatores irão influenciar, diretamente, a cicatrização tecidual, como a interação de forças mecânicas que originou a fratura, a redução e a fixação da fratura, bem como a idade, o peso, o estado nutricional e a vascularização do paciente, dentre outros ^(3, 4).

Em condições normais, a maioria das fraturas não apresenta problemas de consolidação, mas existem algumas situações em que o processo de reparo pode ser acelerado, assegurando rápido retorno da função musculoesquelética ⁽⁵⁾. Neste aspecto, fisioterapeutas têm utilizado, de forma ampla, métodos eletrofísicos para tratamento de lesões do sistema musculoesquelético, a exemplo da estimulação elétrica e eletromagnética ⁽⁶⁾, do ultrassom ^(7, 8) e do *laser* de baixa potência ⁽⁹⁾, porém a escolha da técnica ainda permanece um desafio entre os estudiosos.

Dentre as modalidades eletrofísicas utilizadas na aceleração do processo de reparo tecidual, pode-se citar a terapia *laser* de baixa intensidade (LLLT – *low level laser therapy*), tendo em vista seu papel na modulação de processos biológicos. A radiação *laser* tem como mecanismo de ação a interação com fotorreceptores presentes nos tecidos, como a hemoglobina, a melanina, os citocromos presentes na cadeia respiratória da mitocôndria, por exemplo, promovendo um aumento na síntese de energia na forma de (ATP). Essa energia, por sua vez, pode ser suficiente para proporcionar a proliferação celular e, portanto, a síntese de tecido novo ⁽¹⁰⁾. Assim, a LLLT atua principalmente na fase de proliferação e remodelagem celular do processo inflamatório. Além disso, há um estímulo na microcirculação que aumenta o aporte nutricional contendo elementos associados à velocidade da mitose celular, facilitando a multiplicação celular ⁽¹¹⁾.

De acordo com Castilho Filho ⁽¹²⁾, os processos fisiológicos estimulados pela LLLT podem se manifestar, clinicamente, em três modos: (I) diretamente na célula – produzindo um efeito primário ou imediato, que aumenta o metabolismo celular, ou a síntese de endorfinas e diminuindo a liberação de transmissores nociceptivos, como a bradicinina e a serotonina; (II) na estabilização da membrana celular – clinicamente, observa-se uma ação estimulativa e analgésica dessa terapia, havendo também um efeito secundário ou indireto do aumento do fluxo sanguíneo e a drenagem linfática (dessa forma, constata-se uma ação mediadora do *laser* na inflamação); e (III) na ativação do sistema imunológico – efeitos terapêuticos gerais ou tardios.

Esse mecanismo de ação tem sido sugerido no processo de reparo tecidual da pele ⁽¹³⁾, dos tendões ⁽¹⁴⁾, das cartilagens ⁽¹⁵⁾ e dos ossos ^(16, 17), sobretudo em estudos com animais de experimentação. Entretanto, constata-se a falta de padronização na escolha de parâmetros ótimos de estimulação, o que, por sua vez, gera questionamentos e discordância de resultados entre os estudos ^(18, 19). Deste modo, é muito importante, para a prática clínica, a realização de trabalhos que avaliem a sistematização e estabeleçam um consenso das técnicas e dos parâmetros mais eficazes sobre este tema. Portanto, o objetivo desse estudo foi observar, por meio de uma revisão da literatura, os efeitos da laserterapia de baixa intensidade sobre a osteogênese.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura, no período de 22 de fevereiro a 15 de maio de 2010, utilizando-se artigos originais publicados nos últimos 15 anos, os quais investigaram efeitos da LLLT na formação de tecido ósseo ou no reparo tecidual ósseo. Esses estudos foram conseguidos em bases de dados *on-line*, incluindo Lilacs², Medline³, Ibecs⁴, PubMed⁵, SciELO⁶ e Biblioteca Cochrane. Foram utilizados os seguintes termos de busca: "laserterapia", "laser de baixa intensidade", "osteogênese", "laserterapia e osteogênese", "laserterapia e cicatrização óssea", "laserterapia e reparo ósseo".

¹ Banco de dados do Sistema Único de Saúde.

² Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde.

³ *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*.

⁴ Índice Bibliográfico Espanhol de Ciências da Saúde.

⁵ Publicações médicas da *National Library of Medicine*.

⁶ *Scientific Electronic Library Online*.

Os estudos foram incluídos de acordo com os seguintes critérios: o *laser* foi identificado como variável independente; trabalhos que definiram os seguintes parâmetros: tipo de *laser*, potência, comprimento de onda, modo de operação, modo de aplicação, densidade de energia por ponto e intervalo entre os tratamentos.

Aqueles artigos do tipo *in vitro*, envolvendo células e tecidos, e não animais, ou que exibiram parâmetros insuficientes em sua metodologia não foram incluídos no estudo.

Dos mais de 300 artigos e *abstracts* visualizados, apenas 50 foram utilizados por atenderem aos critérios descritos anteriormente. Dentre estes artigos, foram encontradas várias condições de tratamento experimentais, como traumas ósseos cirúrgicos, movimentos ortodônticos dentais, distração osteogênica e osteointegração de implantes. No Esquema 1, pode-se observar como foi feita a seleção por etapas de acordo com os critérios de inclusão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de se analisar o efeito do *laser* para a osteogênese, buscou-se inicialmente observar os parâmetros do *laser*. Assim, verificou-se a frequência da escolha de um protocolo de tratamento que exibisse os parâmetros de cada *laser* nos artigos selecionados. Por meio desses dados, podem-se observar quais parâmetros foram mais utilizados entre os estudos, qual tipo de *laser* mais empregado, bem como o método escolhido para melhor avaliar o crescimento ósseo e, ainda, quantos estudos mostraram resultados favoráveis ao crescimento ósseo.

Durante a aplicação da LLLT, para que se obtenha a resposta biológica adequada, é necessário atingir a dose ótima de radiação, o comprimento de onda correto e o número de aplicações suficientes para produzir efeito terapêutico⁽¹⁹⁾. No presente estudo, foram analisados poucos parâmetros de *laser*, visto que só se utilizaram aqueles mais evidenciados entre os artigos. Isso ocorre devido à falta de padronização de protocolos de tratamento e a dados insuficientes entre as pesquisas, fato, que também foi observado no estudo de Woodruff *et al.*⁽²⁰⁾.

Na Tabela 1, podem-se observar os parâmetros de *laser* mais relevantes encontrados nos artigos, os quais foram postos em intervalos, visto a grande variabilidade das medições. A medição mais frequente de cada parâmetro e sua respectiva frequência percentual também se encontram na Tabela 1.

Como se pode observar na Tabela 1, em 42% dos estudos, foi utilizado o comprimento de onda de 830nm, corroborando o estudo de Woodruff *et al.*⁽²⁰⁾, os quais mostraram que o tratamento através da LLLT emprega, na maior parte das vezes, o *laser* de arsenieto de gálio e alumínio, com comprimento de onda de 830nm. Segundo Neves⁽²¹⁾, o comprimento de onda do *laser* estabelece o modo de interação *laser*-tecido e, conseqüentemente, o processo de absorção da radiação pelos tecidos, definindo a profundidade de penetração e, por conseguinte, seus efeitos.

Em relação ao modo de operação, 88% dos artigos empregaram o modo contínuo. Isso ocorre, muito possivelmente, devido ao fato de os aparelhos, cujo meio emissor da luz é do tipo hélio-neon (*helium-neon laser* - *He-Ne*) e arse-

Esquema 1: Quantidade de artigos selecionada de acordo com cada etapa de seleção os critério de inclusão

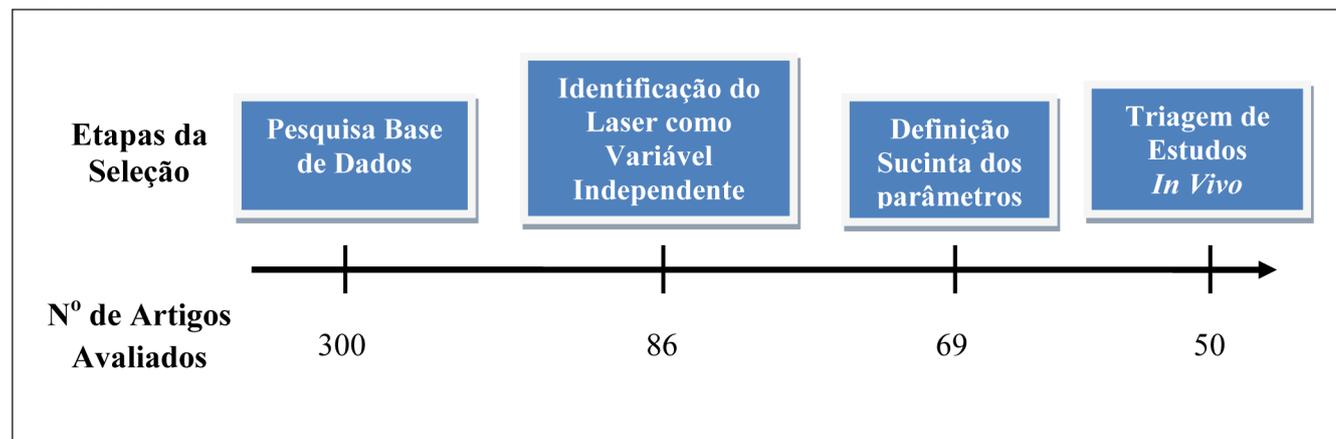


Tabela 1. Descrição dos parâmetros do *laser* de acordo com sua variabilidade, medidas mais utilizadas, frequência percentual e porcentagem em relação ao total de estudos

Parâmetro do <i>Laser</i>	Variabilidade	Medida mais frequente	f	%
Comprimento de onda	632 a 1.064nm	830nm	21	42%
Potência	4 a 400mW	40mW	12	24%
Modo de operação	Contínuo a pulsado (100 a 450ns e 300Hz a 3.000Hz)	Contínuo	44	88%
Modo aplicação	-	Pontual	50	100%
Densidade de energia	2 a 178J/cm ²	10J/cm ²	10	20%
Intervalo de tempo entre sessões	12 a 48h	24h	33	66%
Tipo do <i>laser</i>	He-Ne; GaAlAs; Nd:YAG	GaAlAs	40	80%
Método de avaliação de crescimento ósseo	Análises: histomorfométrica, bioquímica, radiográfica, espectroscopia Raman	Análise histomorfométrica	39	78%

neto de gálio e alumínio (*gallium-aluminum-arsenium* – GaAlAs), funcionarem, na maioria das vezes, emitindo radiação nesse modo de operação, o que foi observado no estudo de Seifi ⁽¹⁸⁾.

Em 100% dos artigos, utilizou-se o modo de aplicação pontual da radiação. Alguns estudos mostram que esse modo de aplicação é o que permite melhor absorção pelas células ⁽²²⁾ e menor refração de incidência do raio ⁽²³⁾. Além disso, pode-se inferir que a aplicação por pontos permite a padronização do tempo e de energia para cada local, conseqüentemente possibilita o controle mais rigoroso da quantidade de energia a ser fornecida a cada região, dando uma maior confiabilidade à metodologia.

Em relação à potência e à densidade do *laser*, nenhum dos artigos justificou parâmetros utilizados, não havendo assim padronização entre os protocolos empregados, o que dificulta alguma inferência sobre a osteogênese. Segundo Guirro e Weis ⁽²²⁾, a densidade de energia ou dose deve ser calculada precisamente para estabelecer diretrizes de tratamento em lesões específicas. Mas, em conformidade com Neves *et al.* ⁽²¹⁾, o *laser* pode possuir vários efeitos de acordo as dosagens escolhidas: efeito antiálgico – de 2 a 4J/cm²; efeito anti-inflamatório – de 1 a 3J/cm²; efeito regenerativo – de 3 a 6J/cm²; efeito circulatório – de 1 a 3J/cm².

Observando-se ainda a Tabela 1, verifica-se que, em 66% dos artigos, foram realizadas sessões de tratamento em intervalos de 24 horas. Os resultados do estudo de Silva *et al.* ⁽²³⁾ mostraram que os grupos que receberam LLLT em diferentes intervalos de tempo apresentaram estímulos celulares e teciduais diferenciados.

Doses diárias da LLLT garantem a continuidade dos efeitos remodeladores e regenerativos, mas não há um consenso, e nenhuma justificativa plausível, para este tipo de protocolo, fato também observado por Guirro e Weis ⁽²²⁾.

Nos artigos, foram utilizados três tipos de *laser*: hélio-neon (*helium-neon laser* – He-Ne) ou arseneto de gálio e alumínio (*gallium-aluminum-arsenium* – GaAlAs) e *neodymium-doped yttrium aluminum garnet laser* (Nd:YAG). Fica evidenciado, na Tabela 1, que 80% dos artigos utilizaram o tipo GaAlAs, o qual possui um alto poder de penetração, bem como a faixa de comprimento ótimo para atingir o tecido ósseo. Os *lasers* em baixa potência e com comprimentos de onda mais longos são mais resistentes ao espalhamento e penetram mais nos tecidos. A luz vermelha do *laser* de He-Ne penetra 0,5 a 1mm antes de perder 37% de sua intensidade, enquanto que a luz infravermelha do *laser* de GaAlAs penetra mais de 2mm antes de perder a mesma quantidade de energia ⁽²⁰⁾.

A análise histomorfométrica foi o método de avaliação de crescimento ósseo mais utilizado, possivelmente porque esse método permite contabilizar a remodelação e as estruturas ósseas, analisando de maneira quantitativa os componentes da morfologia óssea como volume, área, perímetro etc. ⁽²³⁾. As medidas histomorfométricas podem expressar a quantidade de tecido ósseo e as taxas de formação e reabsorção, além de fornecer dados acerca da sua microarquitetura e da conectividade da malha trabecular ⁽²⁵⁾.

A seguir, a Tabela 2 exhibe os diferentes efeitos **da LLLT sobre o crescimento ósseo**.

Tabela 2. Frequência percentual de artigos em relação aos efeitos da LLLT sobre o crescimento ósseo

Efeitos sobre o crescimento ósseo	f	%
Efeitos positivos	48	96%
Sem efeitos	1	2%
Efeitos negativos	1	2%

Dos 50 artigos utilizados na pesquisa, 96% apresentaram resultados estatisticamente significativos sobre o crescimento ósseo. Pode-se evidenciar esse fato de diferentes formas: alguns artigos da revisão mostraram que a LLLT aumentou a neoformação de tecido ósseo trabecular^(26, 27); acelerou a formação de calo ósseo⁽²⁸⁾ e a osteointegração de implantes tanto autógenos^(29, 30) como exógenos⁽³¹⁾; aumentou a velocidade ortodôntica dos dentes⁽¹⁷⁾; e aprimorou a deposição mineral de cálcio e fósforo⁽³²⁾. Todos esses achados corroboram os da metanálise sobre os efeitos da LLLT na cicatrização óssea de literatura de Tajali⁽³⁾.

Dois estudos apresentaram resultados que não confirmaram a ação do *laser* no favorecimento da consolidação óssea, um não mostrou o crescimento ósseo⁽⁵⁾ e em outro foi evidenciada diminuição da cicatrização óssea.

Estudando os efeitos do *laser* sobre o processo de consolidação de fraturas na tíbia em ratos, Giordano *et al.*⁽⁵⁾ concluíram que o *laser* He-Ne, utilizado em sua pesquisa, não acelera o processo de cicatrização óssea. Os referidos autores não discutiram as possíveis causas para os resultados. Mas foi discutido, anteriormente, que esse tipo de *laser* possui um maior grau de espalhamento e menor penetração do que outros tipos que tenham um maior comprimento de onda. Este, possivelmente, deve ter sido um dos motivos pelos quais os autores citados não obtiveram os resultados desejados.

Independentemente do método de avaliação bem como de seus respectivos parâmetros, foi observado entre os estudos que o crescimento ósseo é mostrado através dos níveis minerais de cálcio e fósforo, da proliferação celular de osteoblastos e volume trabecular, e, principalmente, do tempo de cicatrização óssea.

Foi constatado em 100% dos artigos que ocorreu um aumento significativo ($p < 0,01$) sobre o percentual de cálcio. A porção mineral do osso contém 96% de cálcio e 85% de fósforo, encontrados no corpo humano. As frações entre estes elementos irão determinar as propriedades me-

cânicas do osso e são evidências de organização e maturidade⁽³³⁾. A análise da superfície de proliferação de osteoblastos, assim como a remodelação do tecido trabecular, foi bastante utilizada para observar o crescimento ósseo entre os artigos da revisão, visto que a maioria deles utiliza a técnica histomorfométrica, a qual permite a mensuração de vários componentes ósseos, já discutidos anteriormente. Dos 48 artigos que utilizaram essa técnica, 54,2% ($f = 26$), utilizando um nível de significância de $p < 0,01$, e 41,6% ($f = 20$), utilizando $p < 0,05$, mostraram aumentos da superfície osteoblástica e volume trabecular. Apenas em 4% ($f = 2$), não foram evidenciadas alterações em tais parâmetros.

O mecanismo de reparação óssea, em condições normais, ocorre inicialmente por aumento da atividade osteoblástica, formando, rapidamente, tecido ósseo imaturo, matriz orgânica, seguida pelo depósito de sais de cálcio⁽¹⁹⁾. O aumento desta atividade proliferativa é um resultado esperado, tendo o efeito fotoativador da LLLT. Yasukawa *et al.*⁽¹⁰⁾, avaliando a atividade de osteoblastos através de níveis de fosfatase alcalina, que é secretada durante a formação ativa do osso, encontraram níveis elevados nos animais que foram irradiados com LLLT. Além desses, outros estudos observaram o aumento da atividade osteoblástica e também do volume trabecular^(9, 29).

O tempo de crescimento ósseo foi o parâmetro mais usado como resposta do tecido ósseo a radiação *laser*, estudado em 100% dos artigos revisados. A Tabela 3 mostra o tempo de crescimento medido em semanas, em relação aos grupos controle dos artigos experimentais revisados.

Tabela 3. Frequência percentual dos estudos que observaram a aceleração cicatrização por intervalo de tempo

Aceleração do tempo de cicatrização (grupos irradiados em relação aos grupos controle)	f	%
Diminuiu	1	2%
Inalterada	1	2%
Aumentou em 1-2 semanas	34	68%
Aumentou acima de 2 semanas	14	28%

O tempo de consolidação óssea está intimamente relacionado com a proliferação celular e com a remodelação e reabsorção dos componentes ósseos. Assim, qualquer tipo de tratamento que interfira nesses componentes influenciará algum tipo de resposta.

Pode-se observar também que o aumento de uma a duas semanas é o mais frequente entre os estudos. Isso pode ser explicado pelo fato de que a LLLT é mais atuante no período de maturação óssea, quando ocorrem a angiogênese, a liberação de fatores de crescimento de fibroblastos e a proliferação de osteoblastos, do que nos períodos tardios de consolidação, em que a atividade celular é semelhante aos grupos não irradiados⁽³⁴⁾, o que pode ser explicado pelo fato de, na fase aguda, haver um maior estresse oxidativo e, portanto, potencial redox favorável à maior interação *laser-tecido*⁽²⁶⁾.

Os artigos que não apresentaram aceleração ou retardaram o tempo de consolidação são os mesmos discutidos anteriormente, quando se analisaram os efeitos da LLLT no crescimento ósseo. Ambos não apresentaram causas bem embasadas para tais acontecimentos, os quais parecem estar relacionados, diretamente, com a metodologia adotada nestes estudos.

4. CONCLUSÃO

Apesar de os artigos revisados apresentarem omissão ou uma grande variabilidade nos parâmetros físicos do *laser* com objetivo de produzir osteogênese, houve uma tendência de protocolo de tratamento, utilizando o *laser* GaAlAs, com 830nm, contínuo e pontual, e 24 horas de intervalo entre as sessões. Foi possível também observar que, em 96% dos artigos, ocorreram efeitos favoráveis ao crescimento ósseo e à aceleração do tempo para a consolidação, confirmando os objetivos do trabalho. Assim, a LLLT mostra-se como uma técnica de tratamento eficaz na osteogênese, e começa a ser padronizada, podendo consolidar-se, futuramente, um padrão-ouro de tratamento de fraturas ósseas. Vale ressaltar a importância de estudos do tipo revisão de literatura, pois, quando bem embasados, permitem uma visão panorâmica de determinado assunto. Deste modo, é interessante a realização de mais estudos que fundamentem uma padronização dos parâmetros da LLLT.

REFERÊNCIAS

- (1) Liu X, Lyon R, Meier HT, Thometz J, Haworth ST. Effect of lower-level laser therapy on rabbit tibial fracture. *Photomed Laser Surg.* 2007 Dec; 25(6):487-94.
- (2) Brasil. Departamento de Informática do SUS. Banco de Dados do Sistema Único de Saúde [homepage]. Brasília, DF: Ministério da Saúde; c1998 [atualizado em 2010, acesso em 25 mai 2010]. Disponível em: <www.datasus.gov.br>.
- (3) Tajali SB, MacDermid JC, Houghton P, Grewal R. Effects of low power laser irradiation on bone healing in animals: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2010 Jan; 5(1):1-10.
- (4) Blaya DS, Guimarães MB, Pozza DH, Weber JB, Oliveira MG. Histologic study of the effect of laser therapy on bone repair. *J Contemp Dent Pract.* 2008 Sep; 9(6):41-8.
- (5) Giordano V, Knackfuss I, Gomes R, Giordano M, Mendonça R, Coutinho F. Influência do laser de baixa energia no processo de consolidação de fratura de tíbia. Estudo experimental em ratos. *Rev Bras Ortop.* 2001 mai; 36(5):174-8.
- (6) Carvalho DCL, Rosim GC, Gama LOR, Tavares MR, Tribioli RA, Santos IR *et al.* Tratamentos não farmacológicos na estimulação da osteogênese. *Rev Saúde Pública.* 2002 out; 36(5):647-54.
- (7) Bini L, Luz TM, Scapini KB, Gizzo Júnior N, Brun MV, Schmidt R. Osteogênese de lesão na asa do ilíaco de ratos tratada por ultrassom contínuo e pulsado de baixa intensidade. *EFDeportes.* 2010 Dec; 15(151):1-62.
- (8) Gonçalves RC, Gonçalves RL, Balducci-Roslindo E. Efeitos do ultrassom de baixa intensidade em defeito ósseo do ramo da mandíbula. Estudo histológico em ratos. *Rev Odontol Unesp.* 2007; 36(3):193-99.
- (9) Lirani-Galvão AP, Jorgetti V, Silva OL. Comparative study of how low-level laser therapy and low-intensity pulsed ultrasound affect bone repair in rats. *Photomed Laser Surg.* 2006 Dec; 24(6):735-40.
- (10) Yasukawa A, Hrui H, Koyama Y, Nagai M, Takakuda K. The effect of low reactive-level laser therapy (LLLT) whit heliun-neon laser on operative wound healing in a rat model. *J Vet Med Sci.* 2007 Aug; 69(8):799-806.
- (11) Rocha Júnior AM, Vieira BJ, Andrade LCF, Aarestrup FM. Effects of low-level laser therapy on the progress of wound healing in humans: the contribution of in vitro and in vivo experimental studies. *J Vasc Bras.* 2007 set; 6(3):258-66.
- (12) Castilho Filho T. Avaliação da ação da radiação laser em baixa intensidade no processo de osseointegração de implantes de titânio inseridos em tíbia de coelhos. São Paulo. Dissertação [Mestrado em Odontologia] – Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2003. 64p.

REFERÊNCIAS

- (13) Tumilty SM, Munn J, Abbott JH, McDonough S, Hurley DA, Baxter GD. Laser therapy in the treatment of Achilles tendinopathy: a pilot study. *Photomed Laser Surg.* 2008 Feb; 26(1):25-30.
- (14) Hawkins DH, Abrahamse H. The role of laser fluence in cell viability, proliferation, and membrane integrity of wounded human skin fibroblasts following helium-neon laser irradiation. *Lasers in Surg Med.* 2006 Jan; 38(1):74-83.
- (15) Khadra M, Kasem N, Haanaes HR, Ellingsen JE, Lyngstadaas SP. Enhancement of bone formation in rat calvarial bone defects using low-level lasertherapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jun; 97(6):693-700.
- (16) Miloro M, Miller JJ, Stoner JA. Low-level laser effect on mandibular distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007 Feb; 65(2):168-76.
- (17) Kazem Shakouri S, Soleimanpour J, Salekzamani Y, Oskuie MR. Effect of low-level laser therapy on the fracture healing process. *Lasers Med Sci.* 2010 Jan; 25(1):73-7.
- (18) Seifi M, Shafeei HA, Daneshdoost S, Mir M. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. *Lasers Med Sci.* 2007 Nov; 22(4):261-64.
- (19) Rocha JCT. Terapia laser, cicatrização tecidual e angiogênese. *Rev Bras Prom Saúde.* 2004; 17(1):44-8.
- (20) Woodruff LD, Bounkeo JM, Brannon WM, Dawes KS, Barham CD, Waddell DL *et al.* The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature. 2004 Jun; 22(3):241-47.
- (21) Neves LS, Silva CMS, Henriques JFC, Cançado RH, Henriques RP, Janson G. A utilização do laser em ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2005 set/out; 10(5):149-56.
- (22) Guirro RRJ, Weis LC. Radiant power determination of low level laser therapy equipment and characterization of its clinical use procedures. *Photomed Laser Surg.* 2009 Aug; 27(4):633-39.
- (23) Silva EM, Gomes SP, Ulbrich LM, Giovanini AF. Avaliação histológica da laserterapia de baixa intensidade na cicatrização de tecidos epitelial, conjuntivo e ósseo: estudo experimental em ratos. *RSBO.* 2007 nov; 4(2):29-35.
- (24) Gerbi ME, Pinheiro AL, Marzola C, Limeira Júnior FA, Ramalho LM, Ponzi EA *et al.* Assessment of bone repair associated with the use of organic bovine bone and membrane irradiated at 830 nm. *Photomed. Laser Surg.* 2005 Aug; 23(4):382-88.
- (25) Lubart R, Eichler M, Lavi R, Friedman H, Shainberg A. Low energy laser irradiation promotes cellular redox activity. *Photomed Laser Surg.* 2005 Feb; 23(1):3-9.
- (26) Freitas IGF, Baranauskas V, Cruz-Höfling MA. Laser effects on osteogenesis. *Appl Surf Sci.* 2000 Feb; 154-155:548-54.
- (27) Khadra M, Kasem N, Haanaes HR, Ellingsen JE, Lyngstadaas SP. Enhancement of bone formation in rat calvarial bone defects using low-level laser therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jun; 97(6):693-700.
- (28) Webber JBB, Pinheiro ALB, Oliveira MG, Oliveira FAM, Ramalho LMP. Laser therapy improves healing of bone defects submitted to autologous bone graft. *Photomed Laser Surg.* 2006 Feb; 24(1):38-44.
- (29) Da Silva RV, Camilli JA. Repair of bone defects treated with autogenous bone graft and low-power laser. *J Craniofac Surg.* 2006 Mar; 17(2):297-301.
- (30) Lopes CB, Pinheiro ALB, Sathaiah S, Duarte J, Martins MC. Infrared laser light reduces loading time of dental implants: a raman spectroscopic study. *Photomed Laser Surg.* 2005 Feb; 23(1):27-31.
- (31) Hübler R, Blando E, Gaião L, Kreisner PE, Post LK, Xavier CB *et al.* Effects of low-level laser therapy on bone formed after distraction osteogenesis. *Lasers Med Sci.* 2010 Mar; 25(2):213-19.
- (32) Cruz DR, Kohara EK, Ribeiro MS, Wetter NU. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: a preliminary study. *Lasers Surg Med.* 2004; 35(2):117-20.
- (33) Shea JE, Miller SC. Skeletal function and structure: implications for tissue-targeted therapeutics. *Adv Drug Deliv Rev.* 2005 May; 57(7):945-57.
- (34) Nissan J, Assif D, Gross MD, Yaffe A, Binderman I. Effect of low intensity laser irradiation on surgically created bony defects in rats. *J Oral Rehabil.* 2006 Aug; 33(8):619-24.

Endereços para correspondência:

Rafael Medeiros da Silva
rafael_fisioterapeuta@yahoo.com.br

Palloma Rodrigues de Andrade
pallomandrade@gmail.com