

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

VICENTE ANDRÉ VIEIRA SILVEIRA

A UTILIZAÇÃO DO LASER NO REPARO ÓSSEO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA

Porto Alegre
2017

VICENTE ANDRÉ VIEIRA SILVEIRA

A UTILIZAÇÃO DO LASER NO REPARO ÓSSEO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Odontologia da Faculdade de Odontologia
da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito parcial para obtenção do
título de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. João Batista Burzlaff

Porto Alegre
2017

CIP - Catalogação na Publicação

Silveira, Vicente André Vieira

A utilização do laser no reparo ósseo: uma revisão de literatura / Vicente André Vieira Silveira. -- 2017.

24 f.

Orientador: João Batista Burzlaff.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Laser. 2. Reparo ósseo. 3. Odontologia. I. Burzlaff, João Batista, orient. II. Título.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo principal compreender a utilização do laser no reparo ósseo. O laser é uma fonte de luz monocromática, que pode atingir altas intensidades, é unidirecional além de ser coerente e com brilho intenso. Os objetivos específicos são estudar as bases biológicas do reparo ósseo e o processo de formação óssea, analisar o uso da luz laser sobre o reparo ósseo e verificar o papel da laserterapia na odontologia. A metodologia é a revisão de literatura, através da pesquisa bibliográfica. Conclui-se que o mecanismo dos efeitos da luz laser nos tecidos ainda não é bem conhecido e uma análise comparativa dos resultados das pesquisas é difícil, devido à grande variedade de técnicas, métodos de trabalho e materiais experimentais utilizados, bem como às variações na dose do laser utilizada.

Palavras-chave: Laser. Reparo ósseo. Odontologia.

ABSTRACT

The present research has as main objective to understand the use of the laser in the bone repair. The laser is a source of monochromatic light, which can reach high intensities, is unidirectional in addition to being coherent and with intense brightness. The specific objectives are to study the biological basis of bone repair and the bone formation process, to analyze the use of laser light on bone repair and to verify the role of laser therapy in dentistry. The methodology is literature review, through bibliographic research. It is concluded that the mechanism of the effects of laser light on the tissues is not yet well known and a comparative analysis of the results of the research is difficult, due to the great variety of techniques, working methods and experimental materials used, as well as the dose variations of the laser used.

Keywords: Laser. Bone repair. Dentistry.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMP	<i>Bone Morphogenetic protein</i>
FGF	<i>Fibroblast Growth Factor</i>
GaAIs	Gálio – Alumínio – Arsênio
GF	<i>Growth Factor</i>
Hz	<i>Hertz</i>
IGF	<i>Insulin-like Growth Factor</i>
J	<i>Joule</i>
LLLT	<i>Low-level laser therapy</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
nm	Nanômetro
PCNA	Antígenos de proliferação do núcleo celular
TGF- β	<i>Transforming Growth Factor beta</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO	7
3	METODOLOGIA	8
4	REVISÃO DE LITERATURA	9
4.1	AS BASES BIOLÓGICAS DO REPARO ÓSSEO.....	9
4.1.2	O formação óssea.....	10
5	A LUZ LASER SOBRE O REPARO ÓSSEO	12
6	O PAPEL DA LASERTERAPIA NA ODONTOLOGIA	16
7	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O tema desta pesquisa é a utilização do laser no reparo ósseo. Na atualidade, com a efetividade da laserterapia na Medicina para acelerar a formação óssea, passou a ser objeto de investigação também na Odontologia. Vários efeitos biomoduladores da irradiação do laser de baixa-potência têm sido relatados desde 1971 (MESTER et al., 1971).

O laser é um raio de luz que possui certas características e propriedades peculiares importantes tais como: ser uma fonte de luz monocromática (composta de fótons de mesmo comprimento de onda), que pode atingir altas intensidades; ser coerente (fótons se propagam na mesma direção) e com brilho intenso, assim como unidirecional (fótons se propagam em uma única direção, sem divergência significativa) (GENOVESE, 2007).

Conforme Brugnera Jr. e Pinheiro (1998, p. 63), “[...] a possibilidade de focalização em pequenas áreas e a emissão de altas densidades de energia faz do laser um instrumento de grande interesse e importância nas áreas de saúde [...]”, ressaltando que seu uso pode ser feito no diagnóstico e também na área terapêutica. Os autores ressaltam que os equipamentos de raios laser têm destaque por serem muito precisos, apesar da grande quantidade de energia que utilizam.

Segundo Genovese (2007), os equipamentos mais recentes que emitem radiação laser em baixa intensidade, normalmente têm apresentado dois comprimentos de onda, sendo um na região do visível e outro com emissão situada no infravermelho próximo.

Kamali et al., (2007), por sua vez, ressaltam que o dispositivo de laser de diodo foi frequentemente usado em estudos experimentais e clínicos em reparo ósseo, compilando diversas pesquisas em seu trabalho.

Segundo Ozawa et al., (1998), variados estudos *in vivo* mostraram maior rapidez na recuperação de fraturas ósseas através do aumento da vascularização, formando um osso mais compacto.

2 OBJETIVO

A presente pesquisa tem como objetivo principal compreender a utilização do laser no reparo ósseo. Os objetivos específicos são estudar as bases biológicas do reparo ósseo e o processo de formação óssea, analisar o uso da luz laser sobre o reparo ósseo e verificar o papel da laserterapia na odontologia. A metodologia é a revisão de literatura, através da pesquisa bibliográfica.

3 METODOLOGIA

A revisão de literatura será baseada em pesquisas em bases de dados Pubmed, Scielo e Scy-hub, assim como em periódicos da área de cirurgia médica e odontológica, tendo como palavras chaves Laser, Reparo Ósseo e Odontologia, além de livros já consolidados na literatura. A pesquisa faz levantamentos de estudos publicados em inglês e português, de 1971 até 2008, avaliando resultados do laser no reparo ósseo nos últimos 37 anos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 AS BASES BIOLÓGICAS DO REPARO ÓSSEO

Conforme Ten Cate (2001), apesar do aspecto aparentemente inerte, os ossos crescem, são remodelados e se mantêm ativos durante toda a vida do organismo. Ao lado de seu excelente comportamento mecânico, o osso exibe um potencial inigualável para a regeneração. O osso é capaz de reparar fraturas ou defeitos locais com tecido regenerado ou regenerar, com uma organização estrutural altamente semelhante, sem deixar cicatriz, como nos casos onde forças ortodônticas e/ ou ortopédicas são aplicadas ao tecido ósseo.

O mecanismo desse padrão reparador é muitas vezes considerado uma recapitulação da osteogênese embriológica e do crescimento. Em condições instáveis, predomina a cicatrização indireta ou secundária, via formação intermediária de fibrocartilagem por ossificação endocondral (SEAL et al., 2001).

Em condições estáveis, o osso é formado direto ou primariamente, desde que duas condições fundamentais sejam preenchidas: amplo suprimento sanguíneo e uma base sólida para deposição óssea. A reparação óssea pode se dar de duas formas: através da regeneração, onde há a substituição de células lesadas por outras da mesma morfologia e função, e da cicatrização; na qual há a substituição por tecido colágeno pelo tecido cicatricial (ROSSI, 1994). Normalmente frente a aplicação de forças ortodônticas e/ ou ortopédicas encontra-se o reparo ósseo direto, devolvendo a forma e a função normal que o tecido apresentava.

Para Garant (2003), qualquer lesão óssea como fratura, forças ortodônticas e ortopédicas, defeitos, fixação de implantes e outros promovem uma regeneração óssea local, o que é alcançado através de fatores de crescimento e indutores ósseos. O osso é de fato, uma das fontes mais ricas em *Growth Factor* ou Fator de crescimento (GF) tecidual. Entre os GF detectados no osso, alguns são produzidos por células ósseas, enquanto outros são sintetizados por tecidos ósseos relacionados.

Além disso, alguns fatores de indução óssea são de maior interesse, assim como a osteogenina e a *Bone Morphogenetic protein* ou Proteína Morfogenética do osso (BMP), que agora foi fracionada, em pelo menos, doze proteínas diferentes chamadas de família BMPs (PINHEIRO et al., 2008).

A diferença entre as BMPs e outros GF como o *Insulin-like Growth Factor* ou Fator de crescimento semelhante à insulina (IGF), *Transforming Growth Factor beta* ou Fator de crescimento de transformação beta (TGF- β) e *Fibroblast Growth Factor* ou fator de crescimento de fibroblasto (FGF), é que as primeiras atuam nas células precursoras da região medular e tecidos moles adjacentes ao defeito ósseo. Essas células formarão um infiltrado no defeito ósseo e se diferenciarão em cartilagem ou osso. Já as demais proteínas ou GF atuam nas células já diferenciadas responsáveis pela formação óssea, induzindo a divisão celular ou aumento da secreção de matriz extracelular (SIGURDSON et al., 1995).

4.1.2 O processo de formação óssea

Conforme explicam Giordano et al. (2000), quando acontece uma fratura óssea ou uma deformação no osso (como acontece na aplicação de forças ortodônticas) inicia-se um processo de solubilização e liberação dessas proteínas, estimulando o reparo ósseo.

O processo de formação óssea se inicia na formação do hematoma, que é a fase inflamatória. Imediatamente a seguir, inicia-se a fase reparadora e a fase remodeladora. Nesta fase o calo ósseo passa por uma série de processos de reabsorção e neoformação até que a região lesionada retorne a textura que possuía antes da lesão. O osso neoformado é remodelado em osso lamelar mais resistente pela ação organizada dos osteoclastos na reabsorção óssea e pela formação óssea pelos osteoblastos, até que a estrutura que o osso apresentava antes da fratura seja totalmente refeita. (BURKITT et al., 1997).

As células responsáveis por esta adaptação são os osteoclastos que destroem o osso mineral e produzem as colagenases que removem a matriz. As atividades osteoblásticas e osteoclásticas removem os excessos de material do calo ósseo, restabelecendo as cavidades ósseas que existiam e reconstroem os sistemas de Havers e o trabeculado de osso esponjoso na mesma disposição anterior à lesão. (BURKITT et al., 1997).

A aplicação de uma força ortodôntica e/ ou ortopédica ao tecido ósseo provoca estimula localmente a proliferação e diferenciação celular e, a síntese de nova matriz protéica (efeito parácrino); além disso, possuem um mecanismo de auto-regulação sobre os osteoblastos, induzindo contínua expressão dos GF do tecido

ósseo (efeito autócrino). Durante as fases do processo de remodelação óssea, os genes apresentam variações espaciais e temporais em sua secreção e expressão, diretamente relacionadas com a população celular presente (BURKITT et al., 1997).

5 A LUZ LASER SOBRE O REPARO ÓSSEO

O laser não-cirúrgico (LLLT) foi considerado por Mester et al., (1971) como um bioestimulador, e por isso, encontra-se na literatura essa terminologia utilizada para designar uma das mais importantes funções desse tipo de laser que é a bioestimulação de processos biológicos. Este termo foi proposto por Mester et al. (1971) porque ele basicamente empregava a terapia laser para acelerar processos de cicatrização.

Oliveira (1999) realizou um estudo experimental colocando implantes dentais em tíbias de cães com o objetivo de avaliar clínica e histologicamente, através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a eficácia do uso do laser diodo (830nm, 3J/cm²) na cicatrização óssea. Dez cães de ambos os sexos, com peso médio de 14kg foram usados neste estudo e divididos em dois grupos. Os animais foram irradiados três vezes por semana durante duas semanas, e sacrificados após 45 dias de implantados.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que acima de 45 dias não é possível detectar macroscopicamente diferenças entre tecido ósseo peri-implantar irradiado e não irradiado. Entretanto, a MEV mostrou que existiram diferenças em relação a estrutura e organização óssea e na vascularização na interface implante/ osso, sendo que os tecidos irradiados apresentaram o osso mais desenvolvido nos terços superior e médio e arranjo lamelar mais denso e compacto na interface titânio/ osso e portanto, uma melhor qualidade de cicatrização óssea.

Dortbudak et al., (2000) pesquisaram o efeito do laser diodo (690nm, 21mW, 1,6J/cm²) de forma pulsátil em culturas de osteoblastos de ratos. Células da epífise femoral de ratos jovens foram removidas e marcadas com tetraciclina. Três grupos, com 10 culturas cada um, foram irradiados três vezes, por um período de 60s, no terceiro, quinto e sétimo dias, a 1cm acima das culturas. Outros três grupos, com 10 culturas cada um, foram utilizados como grupos controles. O método da fluorescência com tetraciclina foi utilizado para comparar o crescimento ósseo nos espécimes após um período de 8, 12 e 16 dias.

Os resultados mostraram um crescimento maior (10-15%) das populações de células irradiadas após 12 dias, comparado com os grupos controles. De modo geral, todas as culturas irradiadas apresentaram um depósito ósseo significativamente maior que os grupos controle, o que levou os autores a concluir

que a LLLT teve efeito bioestimulador nos osteoblastos *in vitro* (DORTBUDAK et al., 2000).

O corte traumático ou cirúrgico de um osso longo é imediatamente seguido por uma seqüência de processos reparadores nos quais as células osteogênicas do periósteo começam a proliferar e a diferenciar-se em osteoblastos. Freitas et al. (2000) analisaram a influência do laser He-Ne na osteogênese após uma fratura cirúrgica controlada em ratos Wistar, com início de terapia 24 horas após a cirurgia. Os animais foram separados em três grupos, de acordo com as doses de radiação. Após radiações diárias, os espécimes foram sacrificados, no oitavo e no décimo quinto dias pós-operatórios (DORTBUDAK et al., 2000).

As tíbias contra-laterais não receberam radiação e serviram como controle. Através de microscopia eletrônica e óptica, os autores observaram que a laserterapia, com doses de $94,7\text{J}/\text{cm}^2$, resultou na formação de um trabeculado ósseo mais espesso, indicando uma maior síntese de fibras colágenas. Entretanto, a dose de $31,5\text{J}/\text{cm}^2$ não apresentou diferença aparente entre os grupos experimental e controle. A laserterapia não somente diminuiu o período de cicatrização como também produziu uma maior área de reparo ósseo (DORTBUDAK et al., 2000).

Kawasaki e Shimizu (2000) investigaram o efeito da laserterapia na velocidade da movimentação dentária e na remodelação óssea durante movimento ortodôntico experimental em ratos, utilizando o laser GaAIAs contínuo (830nm , 100mW , $35,3\text{J}/\text{cm}^2$). Procederam às radiações diariamente, durante nove minutos, por um período de 13 dias. Os efeitos do laser foram avaliados quantitativamente pela estimativa da quantidade de movimento dentário e pela formação óssea, bem como pelo número de antígenos de proliferação do núcleo celular (PCNA), no lado da tração (imunohistoquímica), e o número de osteoclastos, no lado da compressão (histometria). Os autores concluíram que o laser de GaAIAs estimula o movimento dentário.

Torricelli et al., (2001) avaliaram, *in vitro*, o efeito bioestimulador do laser GaAIAs de emissão pulsátil, na cartilagem óssea. Para o estudo, culturas de condrócitos derivadas de cartilagem humana e de coelhos foram expostas ao tratamento com laser, utilizando os seguintes parâmetros: $300\text{J}/\text{cm}^2$, 1mW e 100Hz ou 300Hz . As aplicações foram realizadas por 10 minutos, diariamente, por cinco dias consecutivos.

Os melhores resultados foram obtidos no final do experimento nos grupos de 300Hz em células da cartilagem de coelhos e 100Hz na cultura de condrócitos derivadas de cartilagem humana. Houve aumento na viabilidade de condrócitos irradiados em até cinco dias após o término das radiações. Para os autores, os resultados obtidos no estudo proporcionaram uma base para a utilização racional do laser, com os parâmetros avaliados, tanto experimental quanto clinicamente.

Ueda e Shimizu (2001) avaliaram o efeito de diferentes frequências de pulso do laser na formação de nódulos ósseos, em osteoblastos de células calvárias de ratos. As células foram radiadas uma única vez com laser GaAIAs (830nm, 500mW), com dois protocolos distintos de radiação: contínuo e pulsado (1Hz). A energia total foi de 3,84J/cm², para ambos os grupos. A radiação na forma pulsada estimulou mais acentuadamente a formação de nódulos ósseos, quando comparado com o grupo de laser contínuo.

Kreisler et al., (2002) analisaram os efeitos da radiação laser na taxa de proliferação de fibroblastos gengivais humanos *in vitro*. Um grupo de 110 culturas de fibroblastos foram radiadas com um laser diodo GaAIAs (809nm, 10mW, 1,96 e 7,84J/cm²). O tempo de exposição variou entre 75 e 300s. Outras 110 culturas de fibroblastos serviram como grupo controle e não receberam radiação. Foram realizadas três sessões de aplicação de laser, em um intervalo de 24 horas.

Os autores concluíram que o efeito da laserterapia nos fibroblastos ficou evidente. Sua duração, entretanto, parece ser limitada. Os pesquisadores ressaltaram que os resultados encontrados podem ser clinicamente relevantes, indicando que tratamentos repetitivos são necessários para alcançar um efeito positivo do laser nas aplicações clínicas.

Guzzardella et al., (2002) avaliaram se a estimulação com o diodo laser GaAIAs (k=780nm) poderia acelerar a cicatrização óssea em um estudo *in vitro*. Seis defeitos ósseos foram tratados diariamente por 10 dias consecutivos e outros seis serviram como controle. Os resultados sugeriram que o aumento da atividade da fosfatase alcalina e proteína total poderiam estimular os osteoblastos que, por sua vez, induziriam a osteosíntese.

Silva Júnior et al., (2002) avaliaram morfológicamente a neoformação óssea após a radiação com laser de 830nm em feridas cirúrgicas criadas em fêmur de ratos. Quarenta ratos Wistar foram divididos em quatro grupos: grupo A (12 sessões

de $4,8\text{J}/\text{cm}^2$ por sessão, 28 dias); grupo C (3 sessões de $4,8\text{J}/\text{cm}^2$ por sessão, sete dias). Os grupos B e D serviram como grupos controles não-irradiados.

Quarenta e oito horas após a cirurgia, os defeitos dos grupos experimentais foram irradiados transcutaneamente com um laser diodo de 830nm e 40mW , com uma dose total de $4,8\text{J}/\text{cm}^2$. A morfometria computadorizada mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre as áreas de mineralização óssea nos grupos C e D. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos A e B (28 dias). Os resultados deste estudo mostraram que a LLLT favorece o processo de reparo ósseo nos períodos iniciais.

6 O PAPEL DA LASERTERAPIA NA ODONTOLOGIA

Dortbudak et al., (2002) avaliaram os efeitos da laserterapia (690nm, 1mW, 6J/cm², 60s) em osteócitos e também na reabsorção óssea em locais de implantes, em cinco babuínos machos. Quatro lojas foram realizadas em cada crista ilíaca, para acomodar os implantes. Os sítios do lado esquerdo foram irradiados com laser imediatamente após a inserção dos implantes. Após cinco dias, os resultados foram analisados histologicamente. Os autores concluíram que a radiação laser pode ter efeitos positivos na integração de implantes e que é possível a cicatrização ser acelerada por meio de tal processo.

Guzzardella et al., (2003) estudaram o efeito do LLLT em implantes dentários em fêmur de coelhos, utilizando um laser diodo GaAIs (780nm, 1W, 300J/cm², emissão pulsátil por 10 minutos), transcutaneamente. No mesmo animal, o fêmur esquerdo foi irradiado e o direito serviu como controle, não recebendo radiação. Os dados foram analisados histo-morfometricamente e quanto à microdureza. Os resultados mostraram uma melhor união entre o tecido ósseo e os implantes após a LLLT, quando comparado com o grupo controle.

Nicola et al., (2003) avaliaram a atividade de células ósseas após a irradiação com laser diodo GaAIs (660nm, 0,005W, 10,0J) em culturas de osteoblastos de ratos próxima ao sítio da lesão óssea. Para o estudo, fêmures de 48 ratos receberam perfuração. Os animais foram divididos em dois grupos com 24 ratos: um experimental, e um grupo controle, o qual não recebeu radiação. O grupo experimental foi irradiado no segundo, quarto, sexto e oitavo dias após a cirurgia. A conclusão foi que a laserterapia aumenta a atividade nas células ósseas, tanto na reabsorção quanto na formação, ao redor do sítio de reparo no período inflamatório do processo de reparo ósseo, sem, entretanto, alterar a estrutura óssea.

Pinheiro et al., (2003) estudaram, histologicamente, o efeito da LLLT no reparo de defeitos ósseos em ratos associados com enxertos ósseos e membrana. Utilizaram um laser diodo GaAIs (830nm, 40mW, e dose de 16J/cm² por sessão totalizando 112 J/cm² no final do tratamento). Os resultados mostraram um reparo mais avançado nos grupos irradiados quando comparados com os não-irradiados.

Garavello et al., (2004) avaliaram a influência da LLLT na formação de novos vasos sanguíneos do osso medular neoformado em áreas irradiadas. O laser de He-Ne ($\lambda=633\text{nm}$, 31,5 e 94,5J/cm²) foi usado diariamente, até o dia do sacrifício (7 e 14

dias). Os resultados mostraram que a terapia a laser aumentou o número de vasos sanguíneos depois de 7 dias de irradiação, mas diminuiu significativamente o número de vasos no grupo de 14 dias, sendo esses efeitos atribuídos ao uso do laser uma vez que nenhum aumento significativo do número de vasos sanguíneos foi detectado entre o primeiro e o segundo grupo.

Khadra et al., (2004) utilizaram a LLLT para verificar a formação óssea em defeitos criados cirurgicamente em ratos. O laser GaAlAs (830nm, 75mW, 23J/cm²) foi usado nesta feridas. A irradiação foi feita imediatamente após a cirurgia e nos 6 dias consecutivos. O sacrifício se deu nos décimo quarto e vigésimo oitavo dias. Foram realizadas análises histológica e imuno-histoquímica para verificar o grau de deposição de cálcio, fósforo e proteínas nas feridas. Na análise imunohistoquímica foram encontrados maior quantidade de cálcio, fósforo e proteína nos grupos irradiados do que no grupo controle, da mesma forma os achados histológicos mostraram angiogênese pronunciada nos grupos experimentais.

A terapia laser de baixa potência (LLLT) é estudada em muitos campos da Odontologia. Cruz et al., (2004) analisaram onze pacientes para este estudo por dois meses. Uma hemi-arcada superior foi considerada grupo controle (CG) e recebeu ativação ortodôntica dos dentes caninos a cada 30 dias. A outra hemi-arcada superior recebeu a mesma ativação ortodôntica e foi irradiada com um laser de diodo (780nm, 20mW, 5J/cm²), durante 10s, em 4 dias de cada mês. Todos os pacientes mostraram aumento da aceleração significativa da retração de caninos no lado tratado com LLLT quando comparado ao controle. Os resultados sugerem que o LLLT acelera o movimento dentário humano e reduz consideravelmente a duração do tratamento.

Gerbi et al., (2005) investigaram o efeito do laser GaAlAs de emissão contínua (830nm, 40mW, 16J/cm²) no reparo de defeitos cirúrgicos criados no fêmur associados a enxertos de osso bovino liofilizado e/ ou membrana em ratos Wistar. Neste estudo afirmaram que a LLLT teve efeito positivo na cicatrização óssea associada com enxerto contendo ou não membrana. Estes efeitos foram notados nos estágios precoces (15 dias) quando houve aumento da quantidade de fibras colágenas. Nos estágios finais ocorreu aumento de atividade osteoblástica com formação de trabeculado ósseo organizado.

Pinheiro e Gerbi (2006) realizaram uma revisão dos trabalhos publicados a respeito da LLLT, e através do relato de 34 artigos de cicatrização óssea *in vivo* e *in*

vitro. Encontraram que a LLLT tem efeito positivo. Segundo os autores o laser infravermelho pode aumentar a proliferação de osteoblastos, depósito de colágeno e formação óssea.

Fukuhara et al., (2006) investigaram o efeito da LLLT em osteoblastos *in vivo* de ratos Wistar, usando o diodo laser GaAlAs (905nm) com densidade de energia de 1,25J/cm². Os resultados demonstraram que a LLLT induziu a aceleração da formação óssea e melhorou a cicatrização do tecido.

Limpanichkul et al., (2006) testaram a hipótese de que as forças mecânicas combinadas com uma laserterapia de baixa intensidade estimulam o padrão de movimentação dentária ortodôntica. Para isto analisaram *in vivo* utilizando uma amostra de 12 pacientes adultos jovens, os quais necessitavam de retração dos caninos superiores após exodontia prévia dos primeiros pré-molares do mesmo arco. Os pacientes foram irradiados com um aparelho GaAlAs, cujo comprimento de onda era 860nm, potência de saída 100mW e ponteira de aplicação com uma área de 0,09 cm².

Foi aplicada uma dose de 25J/cm² divididos em oito pontos, com 23s de irradiação em cada ponto. A laserterapia foi realizada nos três primeiros dias após a ativação do aparelho, sendo que este procedimento foi repetido durante quatro meses incluindo o mês de instalação do aparelho. Através de uma análise macroscópica para quantificar a movimentação ocorrida, os resultados obtidos não demonstraram diferença significativa entre os grupos em nenhum dos períodos avaliados, concluindo que a dose aplicada no trabalho tenha sido muito baixa para que o laser expressasse qualquer efeito, seja estimulante ou inibitório da movimentação ortodôntica.

Silva e Camili (2006) avaliaram o efeito da LLLT em defeitos ósseos criados cirurgicamente em calvária de ratos tratados com enxertos autógenos, usando o diodo laser GaAs (735nm), potência 2,4mW e densidade de energia de 5,1 e 10,2J/cm². Os resultados mostraram que os enxertos irradiados estimularam a osteogênese durante as fases iniciais do processo de cicatrização e que este efeito era dose-dependente. Não se observou efeito do laser após 15 dias, provavelmente porque as células já se encontravam em estágios avançados de diferenciação.

Nissan et al., (2006) realizaram um estudo biomecânico para avaliar o transporte de cálcio em cavidades cirúrgicas em mandíbulas de ratos, após a irradiação com laser semiconductor GaAs (904nm, DP de 4 e 22,4mW, DE de 0,72 e

4,32J/cm²), com um período de uma, duas e quatro semanas de tratamento, para cada grupo de animais. No mesmo animal foram usados ambos os lados da mandíbula; um lado como controle, sem irradiação e o outro lado foi irradiado. Verificaram que a densidade de potência baixa é mais efetiva no aumento de cálcio, ou seja, no reparo ósseo de cavidades criadas cirurgicamente. A atividade da fosfatase alcalina foi semelhante para ambos os grupos tratados e não-tratados, indicando atividade osteoblástica similar.

Kamali et al., (2007) analisaram o efeito biomecânico de cartilagem reparada após a irradiação com laser GaAs (890nm, 60mW, 4,8J/cm²). Nenhuma diferença foi encontrada nas propriedades biomecânicas da cartilagem reparada no período de 4 e 16 semanas após a cirurgia, porém após 8 semanas a LLLT aumentou o tecido de reparo na região.

Miloro, Miller e Stoner (2007) utilizaram a LLLT após distração osteogênica em coelhos com o objetivo de verificar a possibilidade de acelerar a regeneração óssea e diminuir a extensão da fase de consolidação óssea. Utilizaram o diodo GaAIs (820nm, 400mW, 36J/cm²). Os resultados foram analisados radiográfica e histologicamente. Afirmaram que a LLLT acelerou o processo de regeneração óssea após a fase de distração osteogênica.

Lopes et al., (2007) avaliaram através do espectroscópio Raman a incorporação de hidroxiapatita de cálcio e a qualidade da cicatrização óssea ao redor de implantes em coelhos após a LLLT com GaAs (830nm, 10mW, 86J/cm²). Concluíram que a LLLT melhora a cicatrização óssea ao redor de implantes dentários. Além disso, houve redução no tempo de cicatrização óssea.

Liu et al., (2007) avaliaram os efeitos biológicos do LLLT em tíbias fraturadas de coelhos usando um aparelho laser de emissão contínua, com comprimento de onda 830nm, densidade de energia 40J/cm² e 200mW/cm². A irradiação foi imediatamente após a cirurgia e continuou diariamente por 4 semanas. Este estudo sugeriu que o LLLT pode acelerar o processo de reparo de fraturas, principalmente nos estágios precoces, da absorção do hematoma e remodelação óssea, porém, os autores recomendaram futuras pesquisas para quantificar esses achados.

Kim et al., (2007) investigaram a ação do LLLT no processo de cicatrização de implantes dentários. Num experimento em ratos verificaram a expressão do RANK, RANKL e osteoprotegerina. Verificaram que estas proteínas foram

influenciadas pela LLLT resultando num aumento da atividade metabólica do osso e da atividade das células ósseas.

Seifi et al., (2007) investigaram os efeitos quantitativos de um laser de 850nm (Optodan®) de emissão pulsada e outro de 630nm de emissão contínua (KLO3) no movimento dentário ortodôntico em coelhos. Dezoito coelhos albinos foram divididos em três grupos iguais: controle, Optodan® e KLO3. Em todos os grupos, mola fechada de NiTi foram usadas nos primeiros molares mandibulares. O grupo controle não foi irradiado com laser.

Os dentes dos grupos experimentais foram irradiados 9 dias, de acordo com os protocolos terapêuticos periodontais. Os animais foram sacrificados após 16 dias. Foi medida a distância entre a face distal do primeiro molar e à mesial do segundo molar. Os resultados do estudo insinuam que a quantidade de movimento dentário ortodôntico após LLLT foi reduzida. Não pôde ser concluído que qualquer LLLT reduzirá a velocidade de movimento dentário ortodôntico, e estudos adicionais com menos ou mais energias podem mostrar resultados diferentes (SEIFI et al., 2007).

7 CONCLUSÃO

Atualmente, observa-se que clínicos de todas as áreas estão integrando cada vez mais a laserterapia no seu dia-a-dia. Porém, deve ficar claro que o mecanismo dos efeitos da luz laser nos tecidos ainda não é bem conhecido e uma análise comparativa dos resultados das pesquisas é difícil, devido à grande variedade de técnicas, métodos de trabalho e materiais experimentais utilizados, bem como às variações na dose do laser utilizada. Embora nenhum estudo feito tenha relatado uma piora nos pacientes ou tecidos irradiados é necessário realizar mais estudos sobre os efeitos da laserterapia na odontologia. Em relação ao uso da laserterapia, um resultado que está cientificamente comprovado é que as emissões de radiação pulsadas tem melhor efeito quando comparadas as emissões de radiações contínuas do laser.

Isso porque a escolha dos parâmetros do laser é efetuada de acordo com a experiência dos autores, uma vez que não existem parâmetros universalmente aceitos na laserterapia. Além disso, muitos autores que usam protocolos e unidades de laser similares relataram resultados conflitantes. Não há um determinado parâmetro que por si só produza os efeitos biomoduladores da laserterapia, mas a conjugação de parâmetros diferentes e suas variações de acordo com o modelo experimental.

Apesar do LLLT tratar-se de um avanço tecnológico recente, seu emprego na área odontológica é bem vasto. Porém, acredita-se que são necessárias mais pesquisas e comprovações clínicas com a finalidade de se determinar melhor a ação do laser em cada diferente situação e os mecanismos de ação sobre as células.

Ressalta-se, ainda, que diversos pesquisadores estão trabalhando com os lasers não-cirúrgicos na odontologia com o objetivo de confirmar os resultados positivos alcançados na aceleração do processo de cicatrização de feridas em tecidos mole e ósseo, onde tem sido verificada a proliferação de fibroblastos, assim como de tecido especializado como o endotélio vascular e componentes das células sanguíneas.

Entretanto, uma área de grande dúvida no momento é o seu emprego em tecido ósseo, pois a biomodulação tecidual é, sem dúvida, uma das áreas de maior controvérsia no uso dos lasers na Odontologia, embora muitos autores tenham encontrado efeitos benéficos e recomendado a sua utilização.

REFERÊNCIAS

- BRUGNERA JÚNIOR, A.; PINHEIRO, A. L. B. **Lasers na odontologia moderna**. São Paulo: Pancast, 1998.
- BURKITT, H. G.; YOUNG, B.; HEATH, J. W. **Wheater's functional histology: A text and color atlas**. Hong Kong: Longman Group, 1997.
- CRUZ, D. R. et al. Effects of low-intensity laser therapy on the orthodontic movement velocity of human teeth: A preliminary study. **Lasers Surg. Med.**, New York, v. 35, no. 2, p. 117-120, 2004.
- DORTBUDAK, O.; HAAS, R.; MAILATH-POKORNY, G. Biostimulation of bone marrow cells with a diode soft laser. **Clin. Oral Impl. Res.**, Copenhagen, v. 11, no. 6, p. 540-545, 2000.
- DORTBUDAK, O.; HAAS, R.; MAILATH-POKORNY, G. Effect of low-power laser irradiation on bony implant sites. **Clin. Oral Impl. Res.**, Copenhagen, v. 13, no. 3, p. 288-292, 2002.
- FUKUHARA, E. et al. Optimal low-energy laser irradiation causes temporal G2/M arrest on rat calvarial osteoblasts. **Calcif. Tissue Int.**, New York, v. 79, no. 6, p. 443-50, 2006.
- GARANT, P. R. **Oral cells and tissues**. Illinois: Quintessence Books, 2003.
- GARAVELLO, I.; BARANAUSKAS, V.; CRUZ- HOFLING, M. A. The effects of low laser irradiation on angiogenesis in injured rat tibiae. **Histol. Histopathol.**, Murcia, v. 19, no. 1, p. 43-8, 2004.
- GENOVESE, W. J. **Laser de baixa potência: aplicações terapêuticas na odontologia**. São Paulo: Ed. Santos, 2007.
- GERBI, M. E. M. et al. O. Assessment of bone repair associated with the use of organic bovine bone and membrane irradiated at 830 nm. **Photomed Laser Surg.** New York, v. 23, no. 4, p. 382-388, 2005.
- GIORDANO, V.; GIORDANO, M.; KNACKFUSS, I. G. Fatores de crescimento e diferenciação ósseos. Efeitos sobre o processo de consolidação de fratura: presente e futuro. **Rev. Bras. Med.**, São Paulo, v. 57, n. 9, p. 14-20, 2000.
- GUZZARDELLA, G. A. et al. Laser stimulation on bone defect healing: an *in vitro* study. **Lasers Med. Sci.**, Teerã, v. 17, no. 3, p. 216-220, 2002.
- GUZZARDELLA, G. A. et al. Osseointegration of endosseous ceramic implants after postoperative low-power laser stimulation: an *in vivo* comparative study. **Clin. Oral Impl. Res.**, Copenhagen, v. 14, no. 2, p. 226-232, 2003.

KAMALI, F. et al. The therapeutic effect of low-level laser on repair of osteochondral defects in rabbit knee. **J. Photochem Photobiol. B.**, Lausanne, v. 88, no. 1, p. 11-5, 2007.

KAWASAKI, K.; SHIMIZU, N. Effects of low-energy laser irradiation on Bone remodeling during experimental tooth movement in rats. **Lasers Surg. Med.**, New York, v. 26, no. 3, p. 282-291, 2000.

KHADRA, M. et al. Enhancement of bone formation in rat calvarial bone defects using low-level laser therapy. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.** St. Louis, v. 97, no. 6, p. 693-700, 2004.

KIM, Y. D. et al. Effect of low-level laser treatment after installation of dental titanium implant immunohistochemical study of RANKL, RANK, OPG: an experimental study in rats. **Lasers Surg. Med.**, New York, v. 39, no. 5, p. 441-50, 2007.

KREISLER, M et al. Low level 809nm diode laser-induced *In vitro* Stimulation of the proliferation of human gingival fibroblasts. **Lasers Surg. Med.**, New York, v. 30, no. 5, p. 365-369, 2002.

LIMPANICHKUL, W. et al. Effects of low-level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement. **Orthod Craniofac. Res.**, Oxford, v. 9, no. 1, p. 38-43, 2006.

LIU, X. et al. Effect of lower-level laser therapy on rabbit tibial fracture. **Photomed Laser Surg.**, New York, v. 25, no. 6, p. 487-494, 2007.

LOPES, L. A. et al. Infrared laser photobiomodulation (Z830 nm) on bone tissue around dental implants: a raman spectroscopy and scanning electronic microscopy study in rabbits. **Photomed Laser Surg.**, New York, v. 25, no. 2, p. 96-101, 2007.

MESTER, E.; SPIRY, T.; SZENDE, B.; TOTA, J. G. Effect of laser rays on wound healing. **Am. J. Surg.**, Newton, v. 122, no. 4, p. 532-535, 1971.

MILORO, M.; MILLER, J. J.; STONER, J. A. Low-level laser effect on mandibular distraction osteogenesis. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 65, no.2, p. 168-176, 2007.

NICOLA, R. A. et al. Effect of low-power GaAlAs laser (660 nm) on bone structure and cell activity: an experimental animal study. **Lasers Med. Sci.**, Teerã , v. 18, no. 2, p. 89-94, 2003.

NISSAN, J. et al. Effect of low intensity laser irradiation on surgically created bony defects in rats. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 33, no. 8, p. 619-924, 2006.

OLIVEIRA, M A. M. **Efeito da radiação laser não-cirúrgica na bioestimulação óssea pós-implante:** análise com microscopia eletrônica de varredura. 1999. 85p. Monografia (Especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucocomaxilofacial)- Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

OZAWA, Y. et al. Low-power laser irradiation stimulates bone nodule formation at early stages of cell culture in rat calvarial cells. **Bone**, New York, v. 22, no. 4, p. 347-354, 1998.

PINHEIRO, A. L. B. et al. O. Effect of 830-nm laser light on the repair of bone defects grafted with inorganic bovine bone and decalcified cortical osseous membrane. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, New York, v. 21, no. 5, p. 301-306, 2003.

PINHEIRO, A. L. B.; GERBI, M. E. M. Photoengineering of bone repair processes. **Photomed Laser Surg.**, New York, v. 24, no. 2, p. 169-178, 2006.

PINHEIRO, A. L. et al. Infrared laser light further improves bone healing when associated with bone morphogenetic proteins and guided bone regeneration: an *in vivo* study in a rodent model. **Photomed Laser Surg.**, New York, v. 26, no. 2, p. 167-74, 2008.

ROSSI JÚNIOR, R. **Bases biológicas da inplantodontia**. São Paulo: Pancast, 1994.

SEAL, B. L.; OTERO, T. C.; PANITCH, A. A polymeric biomaterials for tissue and organ regeneration. **Materials Science Engineering R.**, Amsterdã, v. 34, no. 4-5, p. 147-230, 2001.

SEIFI, M. et al. Effects of two types of low-level laser wave lengths (850 and 630 nm) on the orthodontic tooth movements in rabbits. **Lasers Med. Sci.**, Teerã, v. 22, no. 4, p. 261-4, 2007.

SIGURDSSON, T. J. et al. Periodontal repair in dogs: recombinant bone morphogenetic protein- 2 significantly enhances periodontal regeneration. **J. Periodontol**, Norwalk, v. 60, no. 2, p. 131-138, 1995.

SILVA JUNIOR, A. N. et al. Computerized morphometric assessment of the effect of low- leve laser therapy on bone repair: an experimental animal study. **J. Clin. Lasers Med. Surg.**, New York, v. 20, no. 2, p. 83-87, 2002.

SILVA, R. V.; CAMILI, J. A. Repair of bone defects treated with autogenous bone graft and low-power laser. **J. Craniofac. Surg.**, Stuttgart, v. 17, no. 2, p. 297-301, 2006.

TAKEDA, Y. Irradiation effect of low-energy laser on alveolar bone after tooth extraction: experimental study in rats. International **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 17, no. 6, p. 388-391, 1988.

TEN CATE, A. R. **Histologia bucal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

TORRICELLI, P. et al. Laser biostimulation of cartilage: *in vitro* evaluation. **Biomed. Pharmacother.**, Paris, v. 55, no. 2, p. 117-120, 2001.

UEDA, Y.; SHIMIZU, N. Pulse irradiation of low-power laser stimulates bone nodule formation. **J. Oral Sci.**, Tóquio v. 43, no. 1, p. 55-60, 2001.