

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Odontologia
Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia

Thalita Andrade Santos

LASERTERAPIA NA OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE
OSTEOMIELITE E OSTEONECROSE DOS MAXILARES

Belo Horizonte
2023

Thalita Andrade Santos

LASERTERAPIA NA OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE OSTEOMIELITE E OSTEONECROSE DOS MAXILARES

Monografia apresentada ao Colegiado de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a conclusão do curso de Especialização em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Rômulo Communian

Belo Horizonte
2023

Ficha Catalográfica

S237L Santos, Thalita Andrade.
2023 Laserterapia na otimização do tratamento de osteomielite
MP e osteonecrose dos maxilares / Thalita Andrade Santos. --
2023.

22 f.

Orientador: Cláudio Rômulo Comunian.

Monografia (Especialização) -- Universidade Federal de
Minas Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Terapia com luz de baixa intensidade. 2. Lasers. 3.
Osteomielite. 4. Osteonecrose. I. Comunian, Cláudio Rômulo.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de
Odontologia. III. Título.

BLACK - D721



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE ESPECIALIZAÇÃO DE THALITA ANDRADE SANTOS

Ata da Comissão Examinadora para julgamento do Trabalho de Conclusão de **THALITA ANDRADE SANTOS**, do Curso de Especialização em Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial, realizado no período de 30/11/2020 a 27/02/2023.

Aos 27 (vinte e sete) dias do mês de fevereiro de 2023, às 12 horas, por meio da Plataforma Virtual Microsoft Teams, reuniu-se a Comissão Examinadora, composta pelos professores Cláudio Rômulo Comuniam (orientador), Pedro Henrique Justino Oliveira Limirio e Carlos José de Paula Silva. Em sessão pública foram iniciados os trabalhos relativos à Apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **“Laserterapia na otimização do tratamento da osteomielite e osteonecrose dos maxilares - Revisão de literatura”**. Terminadas as arguições, passou-se à apuração final. A nota obtida pela aluna foi 90 (noventa) pontos, e a Comissão Examinadora decidiu pela sua **APROVAÇÃO**. Para constar, eu, Cláudio Rômulo Comuniam, Presidente da Comissão, lavrei a presente ata que lida e aprovada, vai assinada eletronicamente por todos os membros da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 27 de fevereiro de 2023.

Prof. Cláudio Rômulo Comuniam - Orientador

Prof. Pedro Henrique Justino Oliveira Limirio

Prof. Carlos José de Paula Silva



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Romulo Comuniam, Professor do Magistério Superior**, em 17/03/2023, às 15:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Henrique Justino Oliveira Limirio, Usuário Externo**, em 17/03/2023, às 21:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Jose de Paula Silva, Professor do Magistério Superior**, em 20/03/2023, às 20:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2094641** e o código CRC **7B8EA4D8**.

Referência: Processo nº 23072.209148/2023-64

SEI nº 2094641

AGRADECIMENTOS

PRIMEIRAMENTE A DEUS, por ter me ajudado a suportar todos os obstáculos para chegar até aqui, a minha família, amigos e ao meu noivo pela compreensão e incentivo em todos os momentos, vocês foram essenciais nessa trajetória.

A prof.^a Dra. Betânia Maria Soares, a quem me inspiro, sempre me ajudou a ser uma aluna/profissional melhor, desde a graduação (minha orientadora de TCC), e agora me ajudou também com a presente monografia, muito obrigada pelo carinho de sempre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cláudio, obrigada pela paciência e por acreditar nesse trabalho tanto quanto eu.

Aos meus colegas R+, R= e R-, pela amizade e companheirismo, em especial ao Ku Chun e a Gabriela, por terem segurado minhas mãos nos momentos que mais precisei. A minha equipe de cirurgia do bloco cirúrgico, Gabi, Eddy, (e algumas vezes a Bela), meus parceiros dos blocos e da vida!

A toda equipe do Serviço de Cirurgia e Traumatologia Buco Maxilo Facial, Pronto Socorro Odontológico do HMOB e professores da UFMG, obrigada por compartilhar o conhecimento de vocês comigo.

“Todo campeão foi um dia um competidor, que se RECUSOU A DESISTIR.”

Rocky Balboa

RESUMO

A osteomielite é um processo inflamatório progressivo no tecido ósseo e pode ser agudo, subagudo ou crônico; inicia-se pela medula óssea, dissemina-se e se estende até os tecidos moles vizinhos através do osso envolvendo as porções medulares, corticais, esponjosa e o periósteo, várias condições sistêmicas podem predispor a este processo. A Terapia de Fotobiomodulação (Laserterapia de baixa potência) nada mais é que o uso terapêutico da luz absorvida pelos cromóforos endógenos, desencadeando reações não-térmicas, não citotóxica, biológicas por meio de eventos fotoquímicos ou fotofísicos, levando a mudanças fisiológicas e promovendo redução microbiana, analgesia, modulação da inflamação, angiogênese e reparação tecidual. A Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT), do inglês *Antimicrobial Photodynamic Therapy*, é uma modalidade terapêutica antimicrobiana (contra fungos, vírus e bactérias), decorrente da associação de um fotossensibilizador a uma fonte de luz, na presença de oxigênio, com o objetivo de formar Espécies Reativas de Oxigênio. Este trabalho é fundamentado em revisão de literatura científica, com o objetivo de analisar a capacidade da laserterapia na otimização do tratamento da osteomielite e osteonecrose dos maxilares. É possível afirmar que a literatura converge quanto à eficácia, praticidade, segurança e aplicabilidade clínica da fotobiomodulação em doenças ósseas. No entanto, observamos a necessidade da realização de mais trabalhos de pesquisa para definir e aprimorar um protocolo que ofereça praticidade para aplicação do laser no tratamento ou coadjuvante ao tratamento da osteomielite/ osteonecrose dos maxilares.

Palavras-chave: laserterapia e osteomielite; fotobiomodulação e osteomielite; aTDP e osteomielite.

ABSTRACT

Lasertherapy in the optimization of the treatment of osteomyelitis and osteonecrosis of the jaws

Osteomyelitis is a progressive inflammatory process in bone tissue and can be acute, subacute or chronic; it begins in the bone marrow, spreads and extends to the neighboring soft tissues through the bone, involving the medullary, cortical, spongy and periosteal portions, several systemic conditions may predispose to this process. Photobiomodulation Therapy (Low Power Laser Therapy) is nothing more than the therapeutic use of light absorbed by endogenous chromophores, triggering non-thermal, non-cytotoxic, biological reactions through photochemical or photophysical events, leading to physiological changes and promoting microbial reduction, analgesia, inflammation modulation, angiogenesis and tissue repair. Antimicrobial Photodynamic Therapy (aPDT) is an antimicrobial therapeutic modality (against fungi, viruses and bacteria), resulting from the association of a photosensitizer to a light source, in the presence of oxygen, with the objective of forming Oxygen-reactive species. This work is based on a scientific literature review, with the objective of analyzing the capacity of laser therapy in optimizing the treatment of osteomyelitis and osteonecrosis of the jaws. It is possible to state that the literature converges regarding the efficacy, practicality, safety and clinical applicability of photobiomodulation in bone diseases. However, we see the need for further research work to define and improve a protocol that offers practicality for the application of laser in the treatment or as an adjunct to the treatment of osteomyelitis/osteonecrosis of the jaws.

Keywords: lasertherapy and osteomyelitis; photobiomodulation and osteomyelitis; aTDP and osteomyelitis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aTDP	Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
LEDs	Diodos Emissores de Luz
MRONJ	Osteonecrose dos Maxilares Relacionada a Medicamentos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	METODOLOGIA	14
4	REVISÃO DE LITERATURA	15
5	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A osteomielite é um processo inflamatório progressivo no tecido ósseo e pode ser agudo, subagudo ou crônico; inicia-se pela medula óssea, dissemina-se e se estende até os tecidos moles vizinhos através do osso envolvendo as porções medulares, corticais, esponjosa e o periósteo (MARCUCCI *et al.*, 2020; WHITE, PHAROAH, 2007).

Estados de imunocomprometimento e doenças associadas a diminuição da vascularização do osso parecem predispor os indivíduos a osteomielite. Os desencadeantes locais mais frequentes são: má circulação, fibrose de radiação, vasculopatias de pequenos vasos, condições que alteram a vascularização óssea e a capacidade de regeneração óssea, por exemplo, diabetes, má nutrição, anemia, imunopatias, neoplasias malignas, alcoolismo crônico, artrite reumatoide e uso do tabaco (MARCUCCI *et al.*, 2020). Várias doenças como; osteopetrose, osteoporose, disosteoesclerose, doença de Paget tardia, displasia cemento-óssea em estágio final, medicamentos antiangiogênicos, podem resultar em hipovascularização do osso que fica predisponente a necrose e a inflamação (NEVILLE *et al.*, 2009).

As osteomielites são divididas basicamente em dois grandes grupos; aguda e crônica. Sendo que a fase aguda apresenta principalmente a disseminação do processo infeccioso através dos espaços medulares do osso. Observa-se aumento de temperatura local e sistêmica, dor intensa e profunda, mobilidade e sensibilidade dos dentes envolvidos, parestesia ou anestesia e linfadenopatia regional, rápido surgimento e leucocitose (MARCUCCI *et al.*, 2020; WHITE, PHAROAH, 2007).

Radiograficamente, no início da doença aguda, nenhuma alteração óssea pode ser identificada. O osso está preenchido por exsudato inflamatório e células inflamatórias. A primeira evidência radiográfica da forma aguda da osteomielite é uma sutil redução na densidade do osso envolvido, com perda da definição do trabeculado existente. Sequestros ósseos podem estar presentes, mas normalmente são mais aparentes e numerosos nas formas crônicas, verifica-se a formação de sequestros, reabsorção e neoformação óssea (MARCUCCI *et al.*, 2020; WHITE, PHAROAH, 2007).

Se a osteomielite aguda não for tratada rapidamente, ocorre a evolução para a osteomielite crônica, ou o processo pode surgir primariamente sem a ocorrência de um episódio agudo prévio (NEVILLE *et al.*, 2009). Também é possível ser resultante de uma infecção de baixa virulência. Tumefação pode estar presente ou não. Há formação de fistulas que podem perdurar por muitos meses ou anos. Pode haver sequestro ósseo, perda de dentes e até fraturas patológicas (MARCUCCI *et al.*, 2020). Radiolucências com limites irregulares, apresentando um ou mais focos de radiopacidade densa, é o quadro radiográfico mais frequente. (MARCUCCI *et al.*, 2020).

Como formas de tratamento, além da cirurgia para desbridamento de osso necrótico e terapia antimicrobiana, foram relatados outros tratamentos na literatura que incluem terapia hiperbárica com oxigênio, fator de crescimento derivado de plaquetas autólogas aplicadas topicamente com cirurgia, ozonoterapia e terapia com pentoxifilina, tocoferol e teriparatida e terapia com laser de baixa potência (ROSEN; CLIFFORD *et al.*, 2014).

A Terapia de Fotobiomodulação (Laserterapia de baixa potência) nada mais é que o uso terapêutico da luz absorvida pelos cromóforos endógenos, desencadeando reações não-térmicas, não citotóxica, biológicas por meio de eventos fotoquímicos ou fotofísicos, levando a mudanças fisiológicas e promovendo redução microbiana, analgesia, modulação da inflamação, angiogênese e reparação tecidual (MOREIRA *et al.*, 2020). Facilitando, desse modo, a cicatrização de feridas e o reparo ósseo (PINHEIRO *et al.*, 2010). A Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT), do inglês Antimicrobial Photodynamic Therapy, é uma modalidade terapêutica antimicrobiana (contra fungos, vírus e bactérias), decorrente da associação de um fotossensibilizador a uma fonte de luz, na presença de oxigênio, com o objetivo de formar Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) (MOREIRA *et al.*, 2020). Em geral, a ação fotodinâmica no controle microbiológico combina a ação local de um agente fotossensível, não tóxico no escuro, com fototoxicidade seletiva desenvolvida durante sua exposição à luz (fotossensibilizadores) (NUNEZ *et al.*, 2015).

Contudo, o uso excessivo e muitas vezes de forma errônea dos antibióticos, gerou o que chamamos de “resistência antibiótica”, onde o

microrganismo é capaz de se adaptar e “fugir” do mecanismo de ação dos antibióticos, levando então uma complicação no controle das infecções (NUNEZ *et al.*, 2015).

Dessa forma, é de fundamental importância o estudo e o conhecimento da doença em questão e suas variáveis, bem como a escolha de um tratamento assertivo e efetivo. Visto que a laserterapia tem demonstrado excelentes resultados na indução da regeneração óssea e morte microbiana, o objetivo da presente revisão foi analisar a capacidade da laserterapia na otimização do tratamento da osteomielite e osteonecrose dos maxilares.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo foi analisar a capacidade da laserterapia na otimização do tratamento da osteomielite e osteonecrose dos maxilares.

2.2 Objetivos específicos

Descrever os achados clínicos, e protocolos utilizados.

Apresentar resultados positivos e negativos observados.

3 METODOLOGIA

Este trabalho é fundamentado em revisão de literatura científica sobre o tema “Laserterapia na otimização do tratamento de osteomielite e osteonecrose dos maxilares: uma revisão de literatura”, cujo objeto da análise é a produção científica veiculada em periódicos indexados nos bancos de dados disponíveis da PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde – BVS. Para revisão discutida foram selecionados 08 trabalhos incluindo 06 artigos de pesquisas, 01 serie de casos e 01 revisão sistemática, também foram utilizados livros consagrados sobre o tema proposto. Os trabalhos selecionados para a revisão discutida estão com até 16 anos da data publicação. Os critérios de inclusão foram trabalhos com disponibilidade de texto completo e que utilizaram laserterapia para o tratamento ou coadjuvante ao tratamento de osteomielite/osteonecrose e os critérios de exclusão foram revisões de literatura não sistemáticas e ausência de disponibilidade do trabalho completo. Não houve filtro para idiomas e data de publicação.

4 REVISÃO DE LITERATURA DISCUTIDA

Segundo Neville *et al.* (2009), a osteomielite aguda, algumas vezes, um tratamento antibiótico suficiente e apropriado elimina a infecção e afasta a necessidade de intervenção cirúrgica. Já a osteomielite crônica é de difícil tratamento medicamentoso, devido ao fato de as cavidades de osso necrótico promoverem proteção e substrato aos microrganismos presentes, por estarem protegidos da ação dos antibióticos pela capsula de tecido conjuntivo fibroso circundante, fazendo com que a intervenção cirúrgica se torne necessária. A extensão da intervenção cirúrgica depende da disseminação do processo inflamatório e infeccioso, a remoção de todo o material infectado para a obtenção de osso sadio sangrante é obrigatória, o que corrobora com teoria dos autores Marcucci *et al.* (2020).

A necessidade da terapia antibiótica via endovenosa é controversa, e não está bem definida pelos autores da presente revisão, ausência de protocolos e de informações contidas nos trabalhos limitaram esta busca. Autores como Marcucci *et al.* (2020) e Neville *et al.* (2009), afirmam que os antibióticos são semelhantes aqueles utilizados na forma aguda, porém devem ser administrados por via intravenosa, em altas doses. Já Tardivo *et al.* (2014), uso de antibioticoterapia via oral com Clindamicina (300mg a cada 8 horas) e Ciprofloxacina (500mg a cada 12 horas) durante 10 dias, utilizado em 16 pacientes diabéticos diagnosticados com osteomielite em um ou mais dedos, envolvimento de tecidos profundos e formação de abscessos, com indicação de amputação de membro. Nesses 16 pacientes além da antibioticoterapia foi realizado o desbridamento da ferida, porém houve também amputação de membro em todos esses pacientes, pois houve insucesso do tratamento conservador proposto.

Tardivo *et al.* (2009) utilizou Clindamicina, e ciprofloxacina e metronidazol, não relatou posologia completa. Segundo Goto *et al.* (2011), o osso infectado apresenta suprimento sanguíneo deficiente, reparo lento e é necessária a administração de antibióticos a longo prazo. Mesmo com o uso prolongado de antibióticos, o sucesso do tratamento é difícil e pode levar ao desenvolvimento de resistência bacteriana. A aPDT surgiu então como uma terapia alternativa na qual

nem resistência bacteriana nem efeitos colaterais são observados, como mostram os trabalhos de Reis *et al* (2015) e Tardivo *et al* (2017).

A literatura mostra então diversas possibilidades para o uso do laser de baixa potência no tratamento da osteomielite/osteonecrose. Os outros 18 pacientes do estudo de Tardivo *et al.* (2014), que receberam antibioticoterapia na mesma posologia e também Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana através dos fotossensibilizadores azul de metileno e azul de toluidina, apenas 1 paciente necessitou de amputação de membro. Seus resultados revelaram que a aPDT é extremamente bem sucedida no tratamento de infecções nos pés de pacientes diabéticos. Esses resultados corroboram com os resultados de outros trabalhos como; Goto *et al.* (2011) e Tardivo *et al.* (2009), realizados em osteomielite induzida em ratos, e Reis *et al.* (2015) e Tardivo *et al.* (2017), realizados também em pacientes com diagnóstico de osteomielite em pés diabéticos, este último ainda afirma que a aPDT é capaz tratar osteomielite em pacientes com pés diabéticos sem realização de cirurgia para desbridamento cirúrgico.

De outro modo, alguns autores como Goe *et al.* (2011), investigaram o efeito da fotobiomodulação em um comprimento de onda de 808nm para tratar osteomielite crônica induzida em ratos por *Staphylococcus aureus* resistentes a Meticilina. 39 ratos foram usados no estudo sendo divididos em 6 grupos: (G1) 5 ratos injetado solução salina estéril para controle positivo, (G2) 6 ratos infectados sem realizar nenhum tratamento, (G3) 7 ratos infectados com cirurgia para desbridamento apenas, (G4 G5 e G6) utilizaram desbridamento cirúrgico mais diferentes protocolos de irradiação a laser por 5 dias consecutivos, sendo; (G4) 7 ratos irradiados por 60 segundos (6 J a 7,64 J/cm²); (G5) 7 ratos irradiados por 120 segundos (12 J a 15,29 J/cm² e (G6) 7 ratos irradiados por 180 segundos (18 J a 22,93 J/cm²). Os resultados se mostraram positivo para os grupos 4, 5 e 6 que receberam irradiação. Microbiologicamente houve redução no número de bactérias de 54%, 70% e 91% respectivamente, comparado ao G3 que apresentou apenas desbridamento cirúrgico e obteve apenas 26% de redução do número de bactérias. Nos Grupos 4, 5 e 6, o número de linfócitos e os níveis de congestão vascular diminuíram com o aumento das doses de laser e observaram proliferação vascular, osso neoformado e tecido fibroso. Portanto, doses crescentes de luz laser, além do

desbridamento, causaram uma diminuição linear nos valores de todos os parâmetros, reduzindo-os aos níveis do grupo controle positivo (G1), dessa forma observa-se que quanto maior a irradiância utilizada, maior efeito da fotobiomodulação foi possível ser alcançada.

Resultados positivos com a utilização da fotobiomodulação com laser infravermelho também pôde ser observada em outros estudos como o de Amir *et al.* (2021), incluindo pacientes com osteomielite em pés diabéticos utilizando laser pulsado de infravermelho próximo 808 nm Ga-Al-As, 250 mW, 8,8 J/cm² por até 12 semanas, além do cuidado padrão. O grupo tratado com irradiação laser teve porcentagem de redução significativamente maior em comparação com o grupo controle, o fechamento da ferida maior que 90% ocorreu em 7 de 10 pacientes tratados com fotobiomodulação, mas em apenas 1 de 10 pacientes simulados.

Quanto ao equipamento utilizado e o protocolo executado, não foi possível realizar comparações entre os trabalhos encontrados para a presente revisão, devido à escassez de trabalhos, ausência de informações e de protocolos definidos.

Tardivo *et al.* (2009), não relatou com clareza a dosimetria e o equipamento utilizado. Refere dois protocolos baseados em várias sessões de aTDP que consistiram em: (1) injeção local de misturas de fenotiazinas (2% em água) e extrato de *Hypericum perforatum* (10% em propilenoglicol) e (2) iluminação, com duração de 10 min, aplicada no interior da lesão exterior utilizando, respectivamente, uma fibra óptica e uma fonte de luz não coerente. A frequência da terapia foi diária ou em dias alternados no início e semanalmente após o início da recuperação do tecido, todos os protocolos utilizados os autores relataram resultados positivos no tratamento de osteomielites.

Goto *et al.* (2011), usou aPDT com o fotossensibilizador Na-Phde-a tíbias de ratos, com *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina. Um total de 560 mmol/l de Na-Phde uma solução foi injetado 48h após a infecção inicial por MSSA. Sessenta minutos após a injeção de Na-Phde, um laser semiconductor (125 mW, 670 nm) foi usado para irradiar os modelos por 10 min com uma energia total de 93,8 J/mm² e puderam observar que nesse grupo, a destruição óssea devido à

osteomielite foi inibida não apenas histologicamente, mas também radiograficamente.

Tardivo *et al.* (2014), utilizou duas fontes de luz diferentes, um deles, um modelo de fonte de luz halógena, FR-100 (FASA Ind. Com. Imp., São Paulo, Brasil), com fibras ópticas, que foi usado para irradiar os ossos do pé através da fístula, durante 10 minutos, logo após a coloração dessas lesões, entregando 6J/cm² diretamente no osso infectado, usando vermelho visível com comprimentos de onda acima de 660 nm. A segunda fonte de irradiação foi um conjunto de LEDs (GDE Genesis Devices Equipment Ind., São Paulo, Brasil), composto por uma placa com quatro LEDs, com emissão máxima em 640 nm (FWHM = 100 nm) fornecendo 50mW/cm² de densidade de potência total a 10cm de irradiação em todo o tecido por 10 minutos, atingindo uma fluência de 30 joules/cm², por fim, afirmam que todos os protocolos utilizados foram bem sucedidos no tratamento da osteomielite.

Reis *et al.* (2015), utilizou um laser de diodo (40 mW; 660 nm $\lambda = 0,04$ cm² CW, 10 J/cm²) usado em combinação com 5 lg/ml de azul de toluidina como fotossensibilizador, e também refere sucesso no tratamento da osteomielite. Tardivo *et al.* (2017), realizaram sessões de aPDT uma vez por semana. Soluções reserva de fotossensibilizadores azul de metileno e toluidina, com uma dose de 6 J/cm² e 30 J/cm². As soluções fotossensibilizadoras foram aplicadas topicamente e também injetadas nas úlceras. (1) Um emissor de banda larga (400–725nm, máximo em 560nm) contendo uma luz halógena branca, foi conectado a fibras ópticas (1,0 ou 1,5mm), que foram cobertas com filmes de PVC transparente e introduzidas nas cavidades da úlcera para permitir iluminação eficiente dos locais infectados. (2) A irradiação foi realizada semanalmente com uma dose de 6 J/cm². Posteriormente, uma matriz de LEDs com LEDs centrados em 590nm e 640nm foi usada para iluminar a superfície dos locais infectados. As irradiações foram realizadas nas proximidades da lesão ou a 3-5 cm dos pés sempre com dose de 30 J/cm², todos também com resultados positivos para o tratamento da osteomielite.

Um único estudo foi encontrado com o objetivo de avaliar a eficácia do tratamento assistido por laser no manejo e tratamento de pacientes com osteonecrose da mandíbula relacionada a medicamentos (MRONJ), se trata de uma revisão sistemática realizada por Li *et al.* (2020), onde, uma comparação dos

escores de dor antes e depois do uso de laser de GaAs visível e infravermelho no tratamento com laser de baixa intensidade mostrou que houve diferenças significativas na quantidade de dor. O tratamento assistido por laser foi mais provável de ser seguido pela resolução do quadro de MRONJ em relação aos tratamentos tradicionais. Parece ser mais eficaz para a formação óssea nos estágios iniciais do que nos estágios posteriores, pois na primeira etapa da cicatrização óssea, os componentes celulares são mais presentes e, portanto, mais suscetíveis à ação do laser de baixa potência, explica-se que o laser no tecido ósseo causa um aumento na quantidade de mRNA usado para sintetizar colágeno tipo I, que estimula a formação e o reparo do tecido ósseo.

A utilização do laser de baixa potência no tratamento de osteomielite/osteonecrose se mostrou eficaz com grande potencial de influência clínica em todos os trabalhos discutidos na presente revisão. Porém apresentam-se sem protocolos e informações necessárias como; aparelho laser utilizado e dosimetria utilizada. Por esse motivo, se faz necessário a realização de mais artigos com estudos clínicos randomizados, apresentando os protocolos e dosimetrias utilizadas e os efeitos potenciais dessas terapias.

5 CONCLUSÃO

Para termos efeitos clínicos favoráveis, devemos associar alguns parâmetros, sendo que a dose ideal deve ser estabelecida baseando-se na absorção dos tecidos alvo e, portanto, o comprimento de onda utilizado deve ser apropriado para absorção na área alvo sendo importante discussão para estabelecer um bom protocolo de aplicação.

Como limitação do trabalho, foi observado que a maioria dos trabalhos não seguem um parâmetro dosimétrico e muitas vezes não disponibilizam todas as informações para essa análise. A falta de padronização dos parâmetros de irradiação do laser e a grande variedade de métodos experimentais limitam a comparação dos resultados entre os estudos e a replicação dos benefícios na prática clínica.

Mesmo assim, é possível afirmar que a literatura converge quanto à eficácia, praticidade, segurança e aplicabilidade clínica da fotobiomodulação em doenças ósseas, entretanto, foi possível observar uma tendência a melhores resultados quando utilizaram energias maiores.

No entanto, existe a necessidade da realização de mais trabalhos de pesquisa para definir e aprimorar um protocolo que ofereça praticidade para aplicação do laser no tratamento ou como coadjuvante ao tratamento da osteomielite/ osteonecrose dos maxilares.

REFERÊNCIAS

- HAZE, A. *et al.* Treatment of diabetic foot ulcers in a frail population with severe comorbidities using at-home photobiomodulation laser therapy: a double-blind, randomized, sham-controlled pilot clinical study. **Lasers in Medical Science**, v. 37, n. 2, p. 919-928, 2021.
- GOTO, B. *et al.* Therapeutic effect of photodynamic therapy using na-pheophorbide a on osteomyelitis models in rats. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 29, n. 3, p. 183-189, 2011.
- KAYA, G. K. S. *et al.* The use of 808-nm light therapy to treat experimental chronic osteomyelitis induced in rats by methicillin-resistant Staphylococcus aureus. **Photomedicine and Laser Surgery** v. 29, n. 6, p. 405–412, 2011.
- LI, F. L.; WU, C. B.; SUN H. J.; ZHOU, Q. Effectiveness of laser-assisted treatments for medication-related osteonecrosis of the jaw: a systematic review. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 58, n. 3, p. 256-267, 2020.
- MARCUCCI, G. *et al.* **Fundamentos de odontologia: estomatologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Santos, 2020, 296 p.
- MOREIRA, F. C. L. **Manual prático para uso dos lasers na odontologia**. 1. ed. Goiânia: Cegraf UFG, 2020, 43 p.
- NEVILLE, B. W.; DAMM, D. D.; ALLEN, C. M.; BOUQUOT, J. E. **Patologia oral e maxilofacial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009, 989 p.
- NÚÑEZ, S.; GARCEZ, A. S.; RIBEIRO, M. S. **PDT: Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana na odontologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015, 312 p.
- PINHEIRO, A. L. B.; BRUGNERA JUNIOR, A.; ZANIN, F. A. A. **Aplicação do laser na odontologia**. 1. ed. São Paulo: Editora Santos, 2010, 89 p.
- REIS JÚNIOR, J. A. *et al.* Photodynamic Antimicrobial Chemotherapy (PACT) in osteomyelitis induced by Staphylococcus aureus: microbiological and histological study. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. v. 149, p. 235-242, 2015.
- ROSEN, C. J. *et al.* **Manual de doenças osteometabólicas e distúrbios do metabolismo mineral**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014, 1762 p.
- TARDIVO J. P.; BAPTISTA M. S. Treatment of osteomyelitis in the feet of diabetic patients by photodynamic antimicrobial chemotherapy. **Photomedicine and Laser Surgery**. v. 27, n. 1, p. 145-150, 2009.

TARDIVO J. P. *et al.* A clinical trial testing the efficacy of PDT in preventing amputation in diabetic patients. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 11, n. 3, p. 342-350, 2014.

TARDIVO J. P. *et al.* Is surgical debridement necessary in the diabetic foot treated with photodynamic therapy? **Diabetic Foot & Ankle**, v. 8, n. 1, p. 1373552, 2017.

WHITE, S. C.; PHAROAH, M. J. **Radiologia oral: fundamentos e interpretação**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 741 p.