

Faculdade Sete Lagoas – FACSETE

Elisângela Da Collina Furlan

**APLICAÇÕES DA FOTOBIMODULAÇÃO NA ORTODONTIA: UMA REVISÃO
DA LITERATURA**

São Paulo

2021

Elisângela Da Collina Furlan

**APLICAÇÕES DA FOTOBIMODULAÇÃO NA ORTODONTIA: UMA REVISÃO
DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE, como requisito parcial a obtenção do título de especialista em Ortodontia.

Orientadora: Prof^a Renata Augusto Amad

São Paulo

2021

Monografia intitulada “Aplicações da fotobiomodulação na ortodontia: uma revisão da literatura” de autoria da aluna **Elisângela Da Collina Furlan**

Aprovada em ___/___/_____ pela banca constituída pelos seguintes professores:

Profº: _____

Profº: _____

Profº: _____

São Paulo _____ de _____ 2021.

Faculdade Sete Lagoas - FACSETE

Rua Italo Pontelo 50 – 35.700-170 – Sete Lagoas, MG

Telefone (31) 3773 3268 – www.facsete.edu.br

RESUMO

O objetivo desta revisão bibliográfica foi avaliar o uso da fotobiomodulação e as diferentes aplicações em tratamentos ortodônticos. Por ser um método não invasivo, indolor e de efeitos colaterais mínimos, pesquisadores buscam frequentemente novas aplicações, visto que bons resultados foram demonstrados na aceleração dos movimentos dentários, na redução de percepção da dor, na estabilidade de mini-implantes, no controle da reabsorção radicular, na redução da inflamação gengival e na aceleração da reparação óssea. A literatura mostra uma grande variedade de protocolos e novos estudos são necessários para determinar o mais apropriado, porém demonstrou ser um método auxiliar eficaz na prática clínica ortodôntica.

PALAVRAS-CHAVE: Ortodontia, Laser de baixa intensidade, Fotobiomodulação

ABSTRACT

The purpose of this literature review was to evaluate the use of photobiomodulation its different applications in orthodontic treatments. As it is a non-invasive, painless method with minimal side effects, researchers often seek new applications, since great results have been demonstrated in tooth movements acceleration, in pain perception reduction, in micro-implants stability, in resorption root control, reducing gingival inflammation and accelerating bone repair. The literature shows a wide variety of protocols and further studies are needed to determine the most appropriate, but it has proved to be an effective auxiliary method in orthodontic clinical practice.

KEYWORDS: Orthodontic, Low-level laser, Photobiomodulation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DA LITERATURA	10
3. DISCUSSÃO	30
3.1 Efeito sobre a dor causada por separador elastomérico.....	30
3.2 Estabilidade de mini-implantes.....	31
3.3 Percepção da dor.....	31
3.4 Aceleração dos movimentos	32
3.5 Reabsorção radicular	33
3.6 Tecidos Periodontais.....	33
3.7 Reparação óssea após a expansão rápida da maxila (ERM).....	33
4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a eficácia e as possibilidades de uso da fotobiomodulação, em diferentes situações dentro da ortodontia. Esta terapia utiliza o laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*) de baixa intensidade ou LED (*light emitting diode*) (Ekiser *et al*, 2016) em muitas áreas da medicina e, na odontologia, passou a ser amplamente estudada em diversas especialidades.

Sabe-se que a fotobiomodulação induz uma reação fotoquímica (bioestimulação) no nível celular, onde a energia é absorvida pelos fotorreceptores celulares e convertida em trifosfato de adenosina (ATP) pela mitocôndria (Garcia *et al*, 2016). Posteriormente, essa reação aumenta as atividades celulares como DNA, RNA e proliferação, diferenciação ou síntese de proteínas (Qamruddin *et al*, 2017). Essas reações são de grande importância na ortodontia, pois aceleram a reabsorção e neoformação óssea e conseqüentemente, a movimentação dentária (Fernandes *et al*, 2019).

Estudos demonstram que quanto maior o comprimento de onda, mais profunda é a penetração da energia do laser. São considerados de baixa potência o laser vermelho (620 - 690 nm) com ação na modulação do processo inflamatório inicial e o laser infra-vermelho (720 - 980 nm), com ação em tecido ósseo (Marañón-Vásquez *et al*, 2019). Na ortodontia, a fotobiomodulação é aplicada para análise da percepção da dor, da aceleração dos movimentos dentários, estabilidade de mini-implantes, reabsorção radicular e reparação óssea.

Pesquisas investigam os efeitos biológicos dos dois comprimentos de onda sobre os movimentos ortodônticos com o objetivo de selecionar o mais adequado (Yang *et al*, 2019) e buscam protocolos nos parâmetros de irradiação como potência, área, densidade de potência, tempo, energia e densidade de energia.

A terapia de fotobiomodulação é um método não invasivo, indolor, de efeitos colaterais mínimos, alto nível de precisão e biocompatibilidade (Demirsoy *et al*,

2020) e estudos recentes *in vivo* e *in vitro*, demonstraram efeitos promissores na ortodontia (Costa *et al*, 2021).

2. REVISÃO DA LITERATURA

Um ensaio clínico controlado randomizado foi realizado por Marini *et al* (2015), para avaliar a eficácia da terapia a laser de baixa intensidade na dor ortodôntica. Recrutaram alunos da Universidade de Bologna e para este estudo, selecionaram 120 pessoas (64 homens e 56 mulheres com idade média de $23,01 \pm 1,39$ anos), que foram divididas aleatoriamente em 2 grupos: superior (S, n=60) e inferior (I, n=60). Receberam separadores elastoméricos nas faces mesial e distal dos primeiros molares, segundos pré-molares e primeiros pré-molares do lado direito e superiores ou inferiores conforme o grupo. Os grupos S e I foram subdivididos (n=20) em laser (SI e II); placebo (Sp e Ip) e controle (Sc e Ic). Os pacientes e observadores foram cegados. Imediatamente após a colocação dos separadores, o grupo laser recebeu irradiação de luz superpulsada e comprimento de onda de 910 nm, 160 mW, feixe 8 mm, por 340 s de aplicação, nos pontos cervical (vestibular e lingual) e na região gengival de cada raiz. O grupo placebo recebeu luz simulada e o grupo controle não recebeu qualquer tipo de terapia. Os participantes responderam uma pesquisa sobre a dor, utilizando uma escala visual analógica, imediatamente após a colocação dos separadores e depois de 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas. Os resultados mostraram que a dor ocorreu em todos os participantes dos grupos placebo e controle e em 70% dos participantes do grupo laser. O término da dor aconteceu significativamente mais cedo no grupo laser quando comparado aos outros grupos e os autores concluíram que o método parece eficaz na prática clínica ortodôntica.

Furquin *et al* (2015) realizaram uma pesquisa de simples-cego, boca dividida, para investigar a percepção da dor causada por separadores elastoméricos ortodônticos com a utilização ou não da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI). O estudo foi aprovado pela Universidade Estadual de Maringá e separadores elastoméricos (Morelli) foram colocados nas interproximais mesial e distal dos primeiros molares superiores de 79 voluntários e permaneceram em posição por 3 dias. Aleatoriamente, foram divididos em: Grupo 1, TLBI lado esquerdo e placebo lado direito (cego); Grupo 2, TLBI lado esquerdo e controle lado direito (ciente);

Grupo 3, controle lado direito e placebo lado esquerdo (cego); Grupo 4 controle em ambos os lados (ciente). O laser foi aplicado em 3 pontos (oclusal e 5 mm acima das papilas gengivais), imediatamente após a colocação dos separadores, sendo uma aplicação de 808 nm de comprimento de onda e 6 J de energia em dose única. Os voluntários utilizaram uma escala visual analógica para pontuar a intensidade de dor após 6 e 12 horas, e após o primeiro, segundo e terceiro dia. Os resultados mostraram que apenas 18% dos pacientes consideraram o desconforto do uso de separadores elastoméricos relevante e que a aplicação de TLBI não produziu efeitos significativos na percepção da dor.

Os efeitos da terapia de fotobiomodulação (TFBM) por diodo emissor de luz, foram estudados por Ekiser *et al* (2016), em uma pesquisa de boca dividida e quadrante experimental selecionado por randomização. O objetivo foi identificar a estabilidade de mini-implantes, a taxa de movimentação dentária ortodôntica dos caninos e os níveis de interleucina-1 β em fendas gengivais e no fluido crevicular peri-implantar. Incluíram neste estudo, 20 pacientes do Departamento de Ortodontia, da Universidade de Erciyes-Turquia (13 meninas e 7 meninos com idade média de $16,77 \pm 1,41$ anos) que tiveram os primeiros pré-molares superiores extraídos e instalaram mini-implantes entre os primeiros molares e os segundos pré-molares superiores como ancoragem, em ambos os lados. Durante a retração dos caninos com molas de NiTi e 150 gF, um dos lados da maxila recebeu TFBM com LED em comprimento de onda 618 nm e intensidade de saída de 20 mW/ cm², por 20 minutos, uma vez por dia, durante 21 dias, enquanto o outro lado, recebeu luz placebo. As medições foram feitas por cegamento clínico. Os resultados mostraram que não houve efeito sobre os níveis de interleucina-1 β . No início do estudo (T0) e no primeiro mês (T1), a estabilidade dos mini-implantes foram semelhantes, porém no segundo mês (T2) e no terceiro (T3), a estabilidade foi significativamente aumentada. Três intervalos de tempo foram comparados quanto à movimentação dentária, sendo estatisticamente significante em todos, permitindo concluir que a TFBM tem potencial para acelerar a movimentação dentária ortodôntica e melhora a estabilidade dos mini-implantes.

Qamruddin *et al* (2016) verificaram através de um estudo simples-cego, controlado por placebo e boca dividida, os efeitos de uma dose única de aplicação de terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) sobre a dor espontânea e

mastigatória após a colocação de separadores elastoméricos. Foram incluídos no estudo, 88 pacientes (60 mulheres e 28 homens entre 13 e 30 anos) do Departamento de Ortodontia da Baqai Medical University. Instalaram os separadores (3M Unitek) nas interproximais mesial e distal dos primeiros molares permanentes em todos os quadrantes. As arcadas foram divididas em lado experimental e lado controle, onde o lado experimental recebeu TLBI em 3 pontos (mesial, distal e meio da raiz), 4 J/ cm² em cada ponto, a 940 nm em modo contínuo, com intensidade de 200 mW, logo após a instalação dos separadores, enquanto o lado placebo recebeu luz inativa. Os pacientes receberam uma escala de dor numérica para avaliar a intensidade da dor espontânea e da dor à mastigação nos 7 dias seguintes. Encontraram diferença significativa tanto na dor espontânea como na de mastigação entre os dois grupos e concluíram que uma única dose de TLBI pode ser eficiente na redução da dor associada à colocação de separadores.

Farias *et al* (2016) realizaram um estudo para avaliar o efeito do uso da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) para controlar a dor e o desconforto relacionados ao uso de separadores elastoméricos. Conduziram um ensaio clínico randomizado de boca dividida com 30 voluntários, homens e mulheres com idade entre 18 e 40 anos, com necessidade de tratamento ortodôntico, de um consultório particular. Colocaram separadores (Orthodontics) nas faces mesial e distal do primeiro molar superior direito e dividiram em dois grupos. Num primeiro momento, o grupo experimental (GE) recebeu, imediatamente após a colocação, TLBI (810 nm, 100 mW, 2J /cm²) durante 15 s por ponto (papilas mesial e distal e próximo ao ápice da raiz), enquanto o grupo placebo (GP) recebeu simulação de luz. Os separadores permaneceram em posição durante 5 dias e após uma semana, inseriram os separadores no lado esquerdo em ambos os grupos, porém inverteram a aplicação do laser. No período em que os separadores permaneceram no lugar, os pacientes anotaram a percepção do grau de desconforto em uma escala visual analógica, em 5 minutos (T0), 24 h (T1) e 120 h (T2) após a aplicação de luz. Os resultados mostraram que houve uma redução estatisticamente significativa na dor no lado exposto a TLBI comparado ao lado placebo em todos os tempos e concluíram que uma única aplicação é eficaz para controlar ou reduzir a dor, sugerindo este método terapêutico em fases iniciais do tratamento ortodôntico.

Num estudo clínico randomizado, simples-cego, Garcia *et al* (2016) realizaram um estudo comparando os achados radiológicos em pacientes tratados com terapia a laser de baixa intensidade (TLBI) durante a expansão rápida da maxila. Realizado no Hospital Odontológico de Bellvitge, trinta e nove crianças (de 6 a 12 anos de idade), anteriores ao pico de crescimento, receberam a instalação de expansor do tipo Hyrax e foram divididas em grupo TLBI ativo (n=20) e grupo placebo (n=19). As ativações foram de 0,20 mm, 2 vezes por dia, até obterem 50% de sobrecorreção transversal. No dia seguinte após a última ativação (T1), realizaram tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) por um único operador e 75 dias depois, uma nova TCFC (T2). Iniciaram a aplicação de laser nos dias 1, 7, 14, 28, 42, 56 e 70, sendo o dia 1 após o término da disjunção e da primeira TCFC. Utilizaram o laser InGaAlP, uma dose de 660 nm, 100 mW, a 60 s em 4 pontos ao longo da sutura palatina mediana e 30 s para um ponto de cada lado da sutura. Os resultados mostraram que em 75 dias de contenção, a sutura palatina apresentou diferentes níveis de reorganização celular de forma significativa entre os grupos, sugerindo mais estudos para entender o efeito clínico da irradiação. Concluem que a TLBI pode ser uma ferramenta na prática diária da ortodontia, mostrando estimular o processo de reparação.

Ferreira *et al* (2016) realizaram um estudo para avaliar o efeito da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) na regeneração óssea da sutura palatina mediana, após expansão rápida da maxila com aparelho tipo Hyrax. Participaram deste estudo, 14 pacientes com idades entre 8 e 14 anos, ambos os sexos, da Universidade Federal do Ceará, que necessitavam de expansão maxilar. Utilizaram um protocolo que realizava a ativação de uma volta completa no dia da instalação do aparelho, seguida por ativações diárias de meia volta ($\frac{1}{4}$ pela manhã e $\frac{1}{4}$ à noite), até atingir uma hipercorreção, que aconteceu após 14 dias, aproximadamente. Os pacientes foram distribuídos aleatoriamente em grupo controle (n=4) e grupo experimental (n=10), os quais receberam 12 sessões de TLBI de diodo AsGaAl (70 mw, 780 nm), sendo duas vezes por semana no primeiro mês e uma vez por semana no segundo mês. As aplicações foram em 4 pontos: papila incisal, lados direito e esquerdo da rafe palatina e região mais posterior ao longo da sutura, no limite com o aparelho. Realizaram tomografia computadorizada das suturas após a disjunção (T0) e após 4 meses (T1), avaliando a regeneração óssea pela medida da

densidade óptica. Os resultados mostraram que a diferença na densidade óptica entre os tempos T0 e T1, foi estatisticamente significativa no grupo experimental e não foi no grupo controle. Entre os grupos, os valores da densidade óptica em T1 revelou-se maior no grupo tratado, o que permitiu aos autores concluírem que o uso da TLPB tem influência ativa na regeneração óssea da sutura palatina mediana, acelerando o processo de reparação.

Qamruddin *et al* (2017) avaliaram os efeitos da irradiação de laser de baixa intensidade na movimentação dentária ortodôntica e na dor em pacientes durante o tratamento com aparelhos autoligáveis. O estudo foi randomizado e cego, realizado pelo Departamento de Ortodontia da Universidade Médica do Paquistão. Selecionaram 22 pacientes com classe II de Angle, divisão 1 e com extração de primeiros pré-molares superiores bilateralmente e utilizaram aparelho autoligado passivo (SmartClip SL3, 3M). No momento em que os pacientes estavam com fio de aço inoxidável 0,019 x 0,025” pol, aplicaram uma força de 150 g com molas helicoidais de níquel-titânio para retrair os caninos. No início do estudo e a cada 3 semanas em mais 3 visitas consecutivas, um dos lados recebeu laser a 940 nm, 100 mW, em modo contínuo, 7,5 J/ cm² em 5 pontos vestibulares e 5 palatinos, enquanto o outro lado foi designado como placebo. A avaliação da intensidade da dor foi registrada pelos pacientes através de escala numérica durante uma semana. A retração canina foi significativamente maior no lado experimental, assim como a dor foi significativamente menor. Para os autores, o agendamento de consultas ortodônticas realizadas a cada 3 semanas, permite que o uso deste protocolo seja viável para a prática clínica.

Para determinar o efeito da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) durante a distalização de caninos, Üretürk *et al* (2017) realizaram um estudo avaliando os níveis das citocinas IL-1 β e TGF- β 1 no fluido crevicular gengival. Selecionaram para o estudo, quinze pacientes (8 meninos e 7 meninas, com idade média 16,2 \pm 1,32 anos) com Classe II divisão 1 de Angle, do Departamento de Ortodontia da Universidade de Istambul. Extraíram os primeiros pré-molares superiores 2 semanas antes de iniciar o alinhamento e nivelamento. Os caninos superiores foram distalizados com mola NiTi apoiada em mini-implantes e 150 gF, sendo que o lado direito foi do grupo controle, enquanto os caninos do lado esquerdo receberam laser contínuo com saída 20 mW, 820 nm, 5 J/ cm² em 10

pontos (5 vestibulares e 5 palatinos), por 10 s cada. As irradiações foram aplicadas nos dias 0, 3, 7, 14, 21, 30, 33, 37, 60, 63 e 67 a os fluidos gengivais coletados nos dias 7, 14 e 21. Modelos ortodônticos e índices periodontais foram realizados inicialmente e nos dias 30, 60 e 90. Como resultado, os caninos irradiados obtiveram uma quantidade de movimento 40% maior quando comparado ao grupo controle e os tecidos periodontais mostraram-se saudáveis e com níveis aumentados de citocina, sugerindo uma aceleração significativa no movimento dentário.

Caccianiga *et al* (2017) avaliaram se a terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) é eficiente na redução do tempo de alinhamento dentário ortodôntico. Para o estudo piloto randomizado, incluíram 36 pacientes da Universidade Milano-Bicocca, com idades entre 13 e 30 anos, que receberam tratamento ortodôntico com aparelhos autoligáveis. O grupo teste recebeu uma irradiação (980 nm, 1W, onda contínua, 150 J/ cm²) ao longo da arcada inferior, onde 4 segmentos dentários (primeiro pré-molar direito a canino direito, incisivos lado direito, incisivos lado esquerdo e canino esquerdo a primeiro pré-molar esquerdo) foram irradiados por 8 s e 2 segmentos (primeiro molar e segundo pré-molar direito e primeiro molar e segundo pré-molar esquerdo) foram irradiados por 9 s, totalizando 50 s. O procedimento foi repetido 3 vezes em intervalos de 2 minutos. O grupo controle não recebeu luz. Registraram a data de colagem dos braquetes (T1), a data de alinhamento dentário completo (T2), o tempo de tratamento em dias (T2 - T1) e o número de visitas. O tempo de tratamento no grupo teste foi significativamente menor (72,3 dias). Os autores sugerem que a administração de TLBI pode aumentar significativamente a eficiência do tratamento ortodôntico durante o alinhamento dentário.

Num estudo em ratos, Rosa *et al* (2017) avaliaram o efeito da fotobiomodulação laser/LED na aceleração da formação óssea na região da sutura palatina mediana após a disjunção da maxila, utilizando Espectroscopia RAMAN e análise histológica. Quarenta e cinco ratos foram divididos em grupos experimentais com períodos diferentes. Os grupos com período de 7 dias foram: controle (sem tratamento), disjunção, disjunção e aplicação de laser, disjunção e aplicação de LED. Os grupos com período de 14 dias foram: disjunção, disjunção e aplicação de laser na primeira semana, disjunção e aplicação de LED na primeira semana, disjunção e aplicação de laser na primeira e segunda semanas, disjunção e

aplicação de LED na primeira e segunda semanas. Utilizou laser/LED de 48 em 48 horas, sendo laser diodo 780 nm, 70 mW, 257 s, 18 J/ cm² ou LED 850 nm, 150 mW, 120 s, 18 J/ cm², aplicados em um único ponto perpendicular à sutura palatina imediatamente posterior aos incisivos superiores. As avaliações mostraram que na análise radiográfica, a densidade óssea foi semelhante nos grupos laser, LED e controle. Na Espectroscopia RAMAN, laser e LED aumentaram a deposição de hidroxiapatita após a disjunção. A inflamação mostrou-se variável na análise histológica, com maior produção de colágeno e osteoblastos e menor atividade osteoclástica. De acordo com os resultados, as irradiações com laser e LED exercem biomodulação positiva e contribuem para a aceleração da formação óssea na sutura palatina mediana após a disjunção.

Ng *et al* (2018) realizaram um estudo piloto controlado, randomizado, duplo-cego de boca dividida, em 20 pacientes adolescentes, selecionados no Hospital Dentário de Sidney, que realizaram extrações de primeiros pré-molares superiores bilateralmente por indicação ortodôntica. O objetivo foi avaliar o efeito do laser de baixa intensidade na reabsorção radicular inflamatória induzida pelo movimento dentário ortodôntico, onde esses pré-molares receberam 150gF durante 28 dias e também comparar a diferença entre luz pulsada e luz contínua. No experimento, 20 dentes receberam laser placebo, 10 receberam luz pulsada e 10 receberam luz contínua. O comprimento de onda foi de 808 nm, intensidade 0,18 W e 1,6 J por ponto (4 vestibulares e 4 palatinos: no terço cervical mesial e distal, no terço médio e no ápice) e a duração de 9 s no modo contínuo e 4,5 s no modo pulsado. Foram sete aplicações, sendo uma por dia nos primeiros quatro dias e as outras três, semanalmente, totalizando 28 dias de experimento. Em seguida, os dentes foram extraídos e analisados. Os resultados mostraram que os dentes que receberam luz apresentaram 23% menos reabsorção radicular e que embora o laser pulsado tenha provocado 5% menos reabsorção quando comparado ao modo contínuo, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Os autores concluíram que essa terapia parece prevenir ou reduzir a reabsorção radicular durante as fases iniciais de força ortodôntica, que a diferença entre o modo pulsado e contínuo é insignificante, mas ressaltam que a duração do estudo foi de apenas 4 semanas, sugerindo cautela na interpretação dos resultados.

Num estudo para investigar a influência da terapia de fotobiomodulação (TFBM) como tratamento adjuvante em pacientes com gengivite induzida por aparelho ortodôntico fixo, Stein *et al* (2018) selecionaram 13 pacientes que concluíram o tratamento ortodôntico. Foi um estudo randomizado, de boca dividida, cego para o paciente e apenas na maxila. Após a remoção dos braquetes e limpeza profissional dos dentes, um único examinador cego (E1), no momento T0, registrou o índice de sangramento da papila (ISP) e o sangramento após sondagem (SS). Em seguida, outro examinador (E2) aplicou TFBM em um dos lados (660 nm, 100 mW, 2J/ cm², 26,2 s), de incisivo central a molar e laser inativo do lado oposto, em todos os pacientes. Após 4 a 6 dias da aplicação de TFBM, o examinador E1 reavaliou o ISP e SS, no momento T1. Os resultados mostraram que ISP e SS reduziram significativamente, nos dois quadrantes, entre as avaliações. Porém, em T1 os valores foram significativamente menores no quadrante que recebeu laser. De acordo com os autores, a TFBM adjuvante, é capaz de acelerar o processo de cicatrização em pacientes com gengivite induzida por aparelhos ortodônticos fixos.

Wu *et al* (2018), num estudo randomizado, ensaio-placebo controlado e duplo-cego, verificaram o efeito da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) na dor e na sensibilização somatossensorial induzida pelo tratamento ortodôntico. Quarenta pacientes da clínica de Ortodontia da Universidade Médica de Nanjing, que iriam receber tratamento ortodôntico, foram divididos em grupo laser (GL) e grupo placebo (GP). Em 0h, 2h, 24h, 4 e 7 dias após a instalação do aparelho, o GL recebeu, em um dos lados, laser de 810 nm em modo contínuo, 2 J/ cm², em 6 pontos (mesial, distal e meio da raiz por vestibular e palatina) enquanto o GP recebeu luz inativa. Para ambos os grupos, o lado não tratado foi de controle. Uma escala de avaliação numérica de dor (AND), limiares de dor por pressão (LDP), limiares de percepção de frio (LPF), limiares de percepção de calor (LPC), limiares de dor ao frio (LDF) e limiares de dor ao calor (LDC), foram testados em ambos os lados da gengiva, nos dentes caninos e na mão. Os resultados mostraram que no GL os escores de dor (AND) foram significativamente menores. Na gengiva, todos os limiares mostraram-se significativamente menos sensíveis no GL quando comparado ao GP, assim como o LDP nos dentes caninos. Não houve diferença entre os grupos no teste sensorial medido na mão. Para os autores, a TLBI parece

produzir um efeito analgésico significativo na dor e na sensibilidade do dente e da gengiva associados ao tratamento ortodôntico, mas recomendam novos estudos.

Um estudo de Gomes *et al* (2018) comparou diferentes densidades de energia em tecidos periodontais de ratos com Diabetes Mellitus tipo 2 durante a força ortodôntica. Utilizaram 1 ponto de aplicação de laser na superfície radicular do primeiro molar inferior, com emissão contínua e comprimento de onda de 780nm, em dias alternados, durante 21 dias. Os ratos foram divididos em 8 grupos (n=5), sendo um grupo sem aplicação de laser, e os outros com densidade 160 J/ cm² (10s), 320 J/ cm² (20s) e 640 J/ cm² (40s). Para cada densidade, havia um grupo normoglicêmico e um grupo Diabético. Os resultados mostraram que no grupo de diabéticos que não receberam laser e naquele que recebeu a dosagem de 160 J/ cm², a presença de periodontite grave permitiu concluir que o efeito bioestimulador dessa dosagem é insuficiente. Porém, a densidade de 640 J/ cm² estimulou a formação de osso alveolar e reorganizou os tecidos periodontais.

Alsayed Hasan *et al* (2018) avaliaram a redução da dor ortodôntica comparando duas intensidades diferentes de energia do laser de baixa intensidade e avaliaram os seus efeitos em pacientes após a colocação de separadores elastoméricos. Num ensaio clínico randomizado controlado por placebo e de boca dividida, vinte e seis pacientes (homens e mulheres com idades entre 16 e 22 anos) do Departamento de Ortodontia e Ortopedia Facial e unidade de Laser da Universidade Damasco, receberam os separadores (Ortho Classic) na mesial e distal dos primeiros molares inferiores. Aleatoriamente, cada paciente recebeu 4 J (15 s/ ponto) ou 16 J (60 s/ ponto) em um dos molares, em um ponto mesial e um distal do terço cervical da raiz, enquanto o lado oposto recebeu um tratamento placebo com aplicação de laser sem emissão do feixe. Foi aplicada uma única dose de emissão contínua, comprimento de onda 830 nm e intensidade de 150 mW no dia da inserção dos separadores. Um questionário com escala visual analógica foi utilizado para avaliação de dor nos molares inferiores durante a mastigação. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os lados experimental e placebo e que independentemente da intensidade de energia, o protocolo utilizado mostrou-se ineficaz para alívio da dor induzida pelos separadores elastoméricos.

Num estudo clínico, randomizado e duplo cego, Ang Khaw *et al* (2018) avaliaram os efeitos da terapia a laser de baixa intensidade (TLBI) na reparação da reabsorção radicular inflamatória induzida ortodonticamente. Vinte pacientes, do Hospital Dentário de Sydney, em tratamento ortodôntico e com necessidade de extração dos primeiros pré-molares superiores foram selecionados. Inicialmente, os primeiros pré-molares receberam 150 gF durante 4 semanas e depois receberam contenção por 6 semanas. Um dos lados da boca, escolhido aleatoriamente, recebeu TLBI de feixe contínuo de 660 nm, 75 mW, 3,6 J/ cm², em 8 pontos (1 no terço cervical mesial e 1 no distal, 1 no terço médio e 1 no terço apical nas faces vestibular palatina) por 15 s cada, enquanto o outro lado recebeu laser placebo. A irradiação foi iniciada na fase de contenção, aplicada semanalmente durante as 6 semanas, sendo realizada no início de cada semana. Após esse período, os dentes foram extraídos e analisados em tomografia micro-computadorizada, com avaliação da superfície radicular por terço vertical e nos locais de força de compressão vestibulo-cervical e palato-apical. As reabsorções foram comparadas entre os grupos e nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada.

Celebi *et al* (2019) realizaram um estudo clínico randomizado, comparando a terapia a laser de baixa intensidade (TLBI) e a vibração mecânica na redução da dor ortodôntica causada pelo arco inicial. Selecionaram 60 pacientes (30 homens e 30 mulheres com idades entre 11 e 23 anos) que solicitaram tratamento ao Departamento de Ortodontia da Universidade Gaziosmanpasa e que apresentavam apinhamento dentário maxilar entre 3 e 6 mm. Montaram aparelho fixo edgewise de molar a molar na maxila e inseriram arco ortodôntico de NiTi 0,014". Dividiram em 3 grupos: no grupo 1 realizaram três vibrações mecânicas, sendo imediatamente após a instalação do arco e 24 e 48 horas depois. No grupo 2, a terapia de TLBI (laser 820 nm, 50 mW, 0,8 J, 6 pontos por dente de 16 s cada) foi aplicada uma única vez (totalizando 25 minutos de aplicação, em média, por paciente) após a inserção do arco. O grupo 3 foi controle. Concluíram que o grupo 1 apresentou um índice mais baixo de dor quando comparado aos outros grupos, mas não foi significativo.

A pesquisa de Fernandes *et al* (2019), estudou os efeitos da fotobiomodulação no movimento de intrusão de molar, na aceleração do movimento ortodôntico e os efeitos moleculares. Selecionaram 30 pacientes da Divisão de Ortodontia do Instituto São Leopoldo Mandic de Campinas, onde 20 deles

apresentavam indicação de tratamento ortodôntico com intrusão de molar superior. Foram divididos em 3 grupos (n=10), sendo G1 controle (pré-molares sem força ou aplicação de laser), G2 intrusão de molar superior e G3 intrusão de molar superior e fotobiomodulação. A intrusão foi ancorada em micro-implantes na maxila e os dentes receberam uma força de 150 gF. Os dentes tratados com fotobiomodulação foram irradiados com laser diodo de baixa intensidade, comprimento de onda 808 nm, 100 mW, densidade 25 J/ cm², recebendo 1 J com aplicação de 10 s por ponto, num total de 10 pontos (2 pontos no terço cervical mesial e distal, 2 pontos no terço apical mesial e distal e 1 ponto no terço médio no centro da raiz, por vestibular e palatina). O laser foi utilizado 3 e 7 dias após a força ortodôntica de intrusão que, por sua vez, foi aplicada a cada 30 dias. Esse protocolo foi repetido durante 3 meses. O fluido crevicular gengival foi coletado no mesmo período das aplicações à laser e as interleucinas (IL) foram avaliadas. Verificaram que os níveis de IL-6, IL-8 e IL-1 β aumentaram nos movimentos de intrusão (G2 e G3) na comparação ao grupo controle (G1), portanto foram significativamente maiores após a fotobiomodulação. O grupo irradiado apresentou uma velocidade média de intrusão de 0,26 mm/ mês, tendo uma duração média de 8 meses de tratamento, enquanto no grupo não irradiado a velocidade média foi de 0,17 mm/ mês, numa média de 12 meses de tratamento. De acordo com os resultados, sugerem que a fotobiomodulação acelera o movimento dentário durante a intrusão do molar, percebendo que os níveis de citocina aumentaram durante o período experimental e que o tempo de tratamento foi significativamente menor em comparação aos dentes não irradiados.

Marañón-Vásquez *et al* (2019), estudaram os efeitos da fotobiomodulação (FBM) sobre a estabilidade e o deslocamento de mini-implantes ortodônticos submetidos a carga rápida e tardia. Dezenove pacientes em tratamento da clínica de pós-graduação em Ortodontia da Universidade Ribeirão Preto participaram da pesquisa. Os mini-implantes foram instalados na maxila e foram criados 2 grupos, de acordo com a aplicação de FBM. Esses grupos foram subdivididos conforme a carga recebida, sendo: 1) FBM + carga imediata; 2) FBM + carga tardia; 3) somente carga imediata; 4) somente carga tardia. Foi realizada uma terapia de FBM usando luz vermelha (660 nm, 4 J/ cm², 0,1 W, 20 s) imediatamente após a implantação. Nas consultas seguintes, a região foi irradiada com luz infravermelha (880 nm, 8 J/ cm², 0,1 W, 20 s) a cada 48-72h por duas semanas (dias 2, 4, 7, 9, 11 e 14). Os mini-

implantes receberam uma carga de 150 gF durante 3 meses e a estabilidade foi avaliada por ressonância magnética e tomografia computadorizada, para avaliar o deslocamento. Houve menor perda de estabilidade nos grupos que receberam laser. Quando a análise considerou o protocolo de carga como variável adicional, o grupo 2 apresentou significativamente a menor perda de estabilidade. Entre os grupos 2 e 4 não houve diferença durante o período que não receberam carga e quando a carga foi aplicada, esses grupos tiveram menor perda independentemente da FBM. O deslocamento da cabeça dos mini-implantes ocorreu em todos os grupos, sem diferença significativa, mas a carga tardia potencializada por FBM teve a menor perda de estabilidade. Os autores concluíram que nem a FBM nem o protocolo de carga, influenciaram no deslocamento dos dispositivos.

Yang *et al* (2019), realizaram um estudo em ratos para investigar se os comprimentos de onda de 660 nm e 830 nm seriam efetivos na aceleração da movimentação dentária. Criaram 3 grupos (n=25), onde todos receberam força ortodôntica de tração de 10 a 15 g nos primeiros molares superiores direitos. Um grupo recebeu irradiação de 660 nm e outro grupo recebeu irradiação de 830 nm, nos dias 1, 2, 3, 4, 5 e 7, por 50 segundos, densidade de intensidade 0,1 W/ cm² e densidade de energia de 5J /cm², durante 14 dias. O outro grupo foi controle e não recebeu irradiação. A movimentação dentária foi analisada por estereomicroscópio, o número de osteoclastos determinado pela fosfatase ácida resistente ao tartarato (TRAP) e a expressão dos fatores de remodelação óssea avaliados pela imunohistoquímica. Os resultados indicaram que a expressão de IL-1 β , RANKL e OPG foi significativamente estimulada nos grupos de 660 e 830 nm havendo aceleração do movimento dentário quando comparado ao grupo controle e a capacidade para acelerar a remodelação óssea foi mais forte nos dias 3 e 5 com 660nm. No entanto, nos dias 7 e 14, o número de osteoclastos no grupo de 660nm não era significativamente maior do que no grupo de 830nm, indicando que o efeito final de aceleração da remodelação óssea foi semelhante entre eles. Dessa forma, o estudo sugere que ambos promovem remodelação óssea alveolar no lado de compressão e que o comprimento de onda de 830 nm causa menor efeito colateral na aceleração do movimento dentário.

O objetivo de Alam (2019) foi avaliar o efeito da terapia a laser de baixa intensidade (TLBI) em relação à dor e também comparar a dor em diferentes

métodos de tratamento. Selecionou 32 pacientes de etnia saudita, com idades entre 14 e 25 anos, que necessitavam de tratamento ortodôntico por apresentarem caninos em posição ectópica. Criou 4 grupos: TLBI + braquete autoligável (BA); TLBI + braquete convencional (BC); luz inativa + BA; luz inativa + BC. Após a colagem de braquetes de primeiro molar a primeiro molar na maxila e fio superelástico NiTi 0,012", aplicou laser diodo a 940 nm em 5 pontos diferentes na vestibular e palatina. A percepção da dor foi analisada pelos participantes em casa, através de questionário, após 4 e 24 horas e 3 e 7 dias. Os resultados mostraram que os grupos que receberam TLBI apresentaram diminuição da percepção da dor e que entre os métodos de tratamento, o BA apresentou mais eficácia na redução da dor quando comparado ao BC.

Martins *et al* (2019) realizaram um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo com laser inativo, para avaliar o efeito da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) na percepção da dor em pacientes durante o tratamento ortodôntico. Selecionaram 62 pacientes (26 homens e 36 mulheres com idade média 19,8 anos) que iam iniciar o tratamento ortodôntico e para controlar o viés, criaram 4 protocolos: G I laser lado direito e uma semana depois, laser placebo lado esquerdo; G II placebo lado direito e uma semana depois laser lado esquerdo; G III laser lado esquerdo e uma semana depois placebo lado direito; G IV placebo lado esquerdo e uma semana depois laser lado direito. Todos os pacientes receberam separadores elastoméricos nas faces mesial e distal dos primeiros molares inferiores e as aplicações de laser foram realizadas imediatamente antes e depois da separação, bem como 24 e 48 horas depois. Utilizaram laser diodo com 830 nm, 100 mW, 3 J de energia e densidade de potência 95 J/ cm², em 2 aplicações mesiais, 2 distais por vestibular e lingual, totalizando 8 pontos e 24 J/ molar. Os pacientes utilizaram uma escala visual analógica para registrar a dor. Com os resultados, foi possível concluir que o ciclo de dor foi semelhante em todos os grupos, com pico em 24 horas e a diminuição da dor com a TLBI foi imediatamente após a inserção dos separadores, sugerindo um efeito limitado.

O estudo de De Melo Conti *et al* (2019) foi para avaliar os efeitos da fotobiomodulação (FBM) na reabsorção radicular induzida pelo movimento dentário ortodôntico e pela expressão RANK/RANKL/OPG. Consideraram a hipótese de que a aplicação FBM pode reduzir a quantidade e extensão de áreas de reabsorção

radicular através da imunoexpressão desses reguladores da osteoclastogênese. Utilizaram 20 ratos e avaliaram 40 molares superiores direito e esquerdo, dividindo em 4 grupos (n=10). CN (controle negativo) sem movimentação dentária ou irradiação; CP (controle positivo) movimento dentário induzido e reabsorção radicular; TC (tratamento convencional) a força foi removida após 7 dias; FBM (fotobiomodulação) com irradiação após a força, durante 7 dias a cada 48h com laser diodo (810 nm, 1,5 J por ponto, 100 mW, 75 J/ cm²). Os grupos CN e CP foram sacrificados no dia 7; TC e FBM no dia 14. Análises dos dentes mostraram aumento de reabsorção radicular em todos os grupos em relação ao CN. No lado de compressão da raiz distal, as reabsorções foram maiores no grupo TC quando comparado aos grupos CP e FBM. No lado de tensão, o grupo FBM mostrou baixa expressão de RANKL comparado ao CP e TC e o OPG foi maior no grupo FBM. Os resultados sugeriram que a FBM pode estimular a expressão OPG e levar a uma diminuição de células osteoclásticas, tendo um efeito positivo na reparação radicular.

Um ensaio clínico randomizado foi realizado por Lo Giudice *et al* (2019) com o objetivo de avaliar o efeito da terapia de laser de baixa intensidade (TLBI) no alívio da dor, induzida pelos arcos do tratamento ortodôntico e se existe indicação específica de acordo com a quantidade de apinhamento dentário. Incluíram no estudo 90 pacientes com idade entre 13 e 30 anos com apinhamento mandibular \geq a 3 mm da Seção de Ortodontia da Universidade Milano-Bicocca. Formaram 3 grupos (n=30), sendo grupo teste (tratamento ortodôntico + TLBI), grupo placebo (tratamento ortodôntico + luz inativa) e grupo controle (apenas tratamento ortodôntico). Fizeram também uma classificação quanto ao apinhamento, sendo considerado leve ($> 3 < 5$ mm), moderado ($> 5 < 7$ mm) e grave (> 7 mm). No grupo teste, aplicaram luz infravermelha a 980 nm, 1 W em onda contínua, 150 J/ cm². Os pacientes avaliaram a dor de acordo com uma escala numérica após 2, 6 e 24 horas e nos dias 2 e 7. Concluíram que o grupo que recebeu TLBI apresentou significativamente menos dor em relação ao grupo controle e placebo e que entre a quantidade de apinhamento dentário dos grupos leve, moderado e grave, não houve diferença na dor experimentada.

Sfondrini *et al* (2020), analisaram o efeito da fotobiomodulação no alívio da dor em pacientes que necessitam de banda nos primeiros molares superiores. Num

estudo paralelo clínico, randomizado, cego, controlado por placebo e ensaio clínico, selecionaram 26 pacientes (9 homens e 17 mulheres com idade entre 7 e 20 anos). Um clínico cimentou as bandas nos molares superiores, dividiu os participantes em 2 grupos (n=13), onde o grupo experimental recebeu irradiação com laser de diodo (830 nm, 150 mW, 5 s, 7,5 J/ cm²) em 4 pontos para cada molar e o outro grupo, não recebeu irradiação e foi denominado controle. Os participantes preencheram questionário para avaliação da intensidade da dor após 5 minutos e 1, 12, 24 e 72 horas e descreveram o tipo de dor durante 7 dias. Os resultados mostraram que a fotobiomodulação é capaz de reduzir a intensidade da dor induzida pela aplicação da banda, principalmente durante as primeiras 12 h.

Demirsoy e Kurt (2020) realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de fornecer informações sobre o uso do laser na ortodontia, seus efeitos no pós-operatório, as vantagens e desvantagens e fornecer informações gerais sobre os requisitos a serem considerados. Concluíram que existem aplicações clínicas bastante eficazes, mas salientam a necessidade de novos estudos, controlados e randomizados, para esclarecer resultados controversos em relação à aplicabilidade e protocolos de uso.

O estudo de Impellizzeri *et al* (2020), teve como objetivo investigar a eficácia da fotobiomodulação na aceleração dos movimentos dentários ortodônticos. Num estudo piloto, randomizado controlado, selecionaram 6 pacientes com necessidade de extração de primeiro pré-molar e 3 pacientes com idades entre 14 e 18 anos para completar o estudo. Com exclusões, 8 caninos foram analisados. Foram divididos em 2 grupos, sendo um placebo e um experimental. Duas semanas após as extrações, os caninos do lado direito e esquerdo receberam força de retração simultaneamente com a técnica de laceback ativada pelo mesmo operador e os caninos receberam irradiação de acordo com o protocolo: dias 0, 3, 7, 14, em 6 pontos (3 palatinos e 3 vestibulares, nos terços cervical, médio e apical). No lado experimental foi utilizado um protocolo de laser que emitiu, simultaneamente, 2 comprimentos de onda: 650 nm, luz contínua, 100 mW e 910 nm, superpulsado e 500 mW. Após um mês de acompanhamento, o deslocamento médio dos caninos do grupo controle foi de 1,35 mm enquanto o grupo irradiado deslocou, em média, 1,98 mm. Os pesquisadores consideraram o método eficiente já que a diferença foi estatisticamente significativa com uma taxa de aceleração de 32% e que está de

acordo com a literatura pertinente. Apesar da pequena amostra, mas por ter sido bem aceito pelos pacientes, não ser invasivo, ter curto prazo, ser indolor e por ter reduzido o tempo de retração de 30 para 20 dias, concluem que essa terapêutica poderia fazer parte das técnicas ortodônticas.

O protocolo de estudo de Murakami-Malakias-Silva *et al* (2020), tem o objetivo de avaliar a eficácia da fotobiomodulação (FBM) na aceleração do movimento ortodôntico de verticalização de molar e seu efeito na dor e inflamação dos tecidos periodontais. Participarão do estudo trinta e quatro pacientes com idade entre 30 e 60 anos, que precisam recuperar o espaço protético para reabilitação oral após perda dos elementos dentários inferiores posteriores e inclinação do elemento adjacente. Serão divididos aleatoriamente em 2 grupos: G1 (grupo controle) - verticalização por mini-implante + simulação de FBM (placebo); G2 (grupo experimental) - verticalização por mini-implante + FBM. Os movimentos ocorrerão com o auxílio de mini-implantes e ligaduras elastoméricas. A FBM ocorrerá com laser de diodo aplicação, 808 nm, 100 mW, recebendo 1J por ponto, 10 segundos, 10 pontos (5 por bucal e 5 por lingual) e exposição radiante de 25 J / cm². As forças ortodônticas de verticalização serão aplicadas a cada 30 dias e a FBM será aplicada imediatamente, 3 e 7 dias de cada mês, por um período de 3 meses. O fluido crevicular gengival será coletado no 1º, 3º e 7º dias após a primeira ativação e, a seguir, no 3º dia dos 2 meses seguintes. As interleucinas IL-1 β , IL-6, IL-8, IL-10 e TNF- α serão analisadas por ELISA. A radiografia panorâmica será realizada inicialmente e 90 dias depois para determinar a quantidade (em graus) de verticalização. Para avaliar a dor, a Escala Visual Analógica (VAS) será utilizado em todas as consultas, e para avaliação da qualidade de vida, o questionário Oral Health Impact Profile (OHIP-14) será aplicado. Analgésicos serão dados e a quantidade de medicamentos será contada.

Ozturk e Gul Amuk (2020) avaliaram e compararam os efeitos reparadores e inibitórios da fotobiomodulação (FBM) com comprimentos de onda em dose única (COU) e acumulativo (COA) na reabsorção radicular inflamatória induzida por ortodontia. Trinta e três ratos foram divididos em cinco grupos: grupo não tratado (controle negativo), grupo tratado ortodonticamente sem contenção posterior (controle positivo-1), grupo tratado com contenção (controle positivo-2), grupo tratado, com contenção e COU-PBM (650 nm, 100 mW / cm²) e grupo tratado, com

contenção e COA-PBM (532-650-940 nm, 100 mW / cm²). Realizaram um movimento dentário ortodôntico por 10 dias. A contenção e abordagens terapêuticas foram realizadas simultaneamente. No final do experimento, os quadrantes maxilares foram preparados para análise por micro-CT e análise em tempo real da reação em cadeia da polimerase (RT-PCR). As aplicações de PBM mostraram efeitos inibitórios e reparadores marcantes na reabsorção radicular inflamatória induzida por ortodontia modulando os níveis de expressão de RANKL e COX-2. No entanto, os efeitos dos diferentes comprimentos de onda foram semelhantes entre si.

Para Ren *et al* (2020), a irradiação de laser de baixa intensidade é eficaz no alívio da dor e no controle da inflamação periodontal e realizaram um estudo para verificar os efeitos da irradiação em pacientes durante o tratamento ortodôntico com tecidos periodontais comprometidos. Para o estudo, 27 pacientes com periodontite crônica tratada e controlada por mais de 6 meses, receberam aparelho ortodôntico e um lado da arcada foi submetido a irradiação a 940 nm por 60 s a 8,6 J/cm², enquanto o outro recebeu luz inativa. A irradiação foi aplicada 8 vezes durante as primeiras 6 semanas da colagem e depois mensalmente até o final do tratamento. A intensidade da dor foi avaliada por escala visual analógica na primeira semana e nos 3 primeiros meses imediatamente após a troca das ligaduras. Os parâmetros periodontais foram registrados através de sonda e por um examinador cego. Foram retiradas amostras do fluido crevicular gengival para avaliar a presença de citocinas IL-1 β , prostaglandina E₂ e substância P, assim como a presença das bactérias *Porphyromonas gingivalis* e *Treponema denticola* na placa supragengival. Os resultados mostraram que o lado que recebeu laser apresentou menor intensidade da dor, aumento menor no índice de placa bacteriana e inibiu a elevação dos níveis de citocinas. Concluíram que o laser de baixa intensidade traz benefícios como tratamento adjuvante em pacientes com comprometimento periodontal, exibe benefícios no alívio da dor e no controle da inflamação durante a fase inicial, mas que não mostrou diferença nos níveis de bactérias.

Matys *et al* (2020) compararam o efeito do ozônio e da irradiação por laser diodo na redução de dor, em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico. Selecionaram 76 pacientes e dividiram em 3 grupos. Instalaram aparelho ortodôntico fixo de primeiro molar direito a primeiro molar esquerdo da maxila e imediatamente

após a montagem, cada paciente recebeu a terapia de alívio da dor, em sessão única, de acordo com o grupo a que pertencia. As aplicações foram realizadas na região apical de cada dente e nas papilas interproximais, sendo G1 (controle), G2 (ozonioterapia por 5 s em 23 pontos, totalizando 1 min e 55 s) e G3 (laser em modo contínuo, 635 nm, por 5 s em 23 pontos, 2 J por ponto, totalizando 1 min e 55 s). Os pacientes responderam um questionário de avaliação de dor e os resultados mostraram que a dor foi maior 24h após a colocação do aparelho, que o ozônio não teve significância, mas que a aplicação de laser trouxe alívio mais rápido em relação aos outros grupos.

Para Alqerban (2020), a presença do aparelho ortodôntico fixo dificulta a higiene bucal e aumenta a colonização bacteriana. Pensando nisso, realizou um estudo sobre a eficácia de duas terapias a laser, incluindo a terapia fotodinâmica antimicrobiana (TFDa) e a fotobiomodulação (FBM), em pacientes com gengivite durante o tratamento ortodôntico e avaliou os efeitos contra *Treponema denticola* e *Fusobacterium nucleatum*. Selecionou 45 pacientes que usavam aparelho ortodôntico fixo e dividiu em 3 grupos: G I (TFDa como auxiliar do ultrassom); G II (FBM como auxiliar do ultrassom) e G III (somente ultrassom). Na TFDa utilizou laser diodo com 670 nm, 22 J/ cm², 150 mW, 60 segundos e azul de metileno na concentração 0,0005% como fotossensibilizador, inserida no sulco gengival por aproximadamente 3 minutos. Na FBM, laser de diodo GaAlAs de comprimento de onda de 810 nm, 0,25 W e densidade de energia de 1,25 J por local irradiado, sendo 5 segundos por 2 vezes na gengiva. Foram coletadas amostras de fluido crevicular gengival no início de estudo (T0), dia 30 (T30) e dia 60 (T60). Os resultados mostraram que a TFDa e a FBM foram semelhantes na melhora dos parâmetros inflamatórios e microbiológicos gengivais, com redução significativa da concentração de *Treponema Denticola* e superiores quanto aos resultados na comparação com o ultrassom.

Num estudo piloto, Goymen e Gulec (2020), selecionaram 30 pacientes com idade próxima aos 16 anos, que nunca realizaram tratamento ortodôntico e que apresentavam indicação de extração do primeiro pré-molar superior direito. O objetivo foi investigar os efeitos da terapia de fotobiomodulação na reabsorção radicular. Aplicaram uma força de 150 g no primeiro pré-molar e dividiram os pacientes, aleatoriamente, em 3 grupos. O primeiro grupo recebeu 8 J/cm² a 810

nm, com aplicações nos dias 0, 3, 7, 14, 21 e 28. No segundo grupo, aplicaram LED a 850 nm e intensidade de saída a 20 mW/ cm² por 10 minutos, todos os dias, durante as 4 semanas de experimento e por fim, o grupo placebo que recebeu luz inativa. Ao final do experimento os dispositivos ortodônticos foram removidos e um mesmo cirurgião realizou as exodontias dos pré-molares, armazenando-os para posterior análise. Os dentes foram analisados por tomografia micro computadorizada nos terços cervical, médio e apical das raízes e em todas as faces. De acordo com os resultados, perceberam que com as limitações do estudo, não houve diferença significativa entre os grupos. Acreditam que estudos futuros podem comprovar que aplicações de Laser e LED podem reduzir o risco de reabsorção radicular.

Matys *et al* (2020) avaliaram os efeitos da fotobiomodulação em micro-implantes ortodônticos num estudo de boca dividida . Quarenta e quatro micro-implantes foram inseridos na região posterior da maxila e divididos em 2 grupos (n=22), sendo grupo laser e grupo controle. Imediatamente após a fixação e em 3, 6, 9, 12, 15 e 30 dias, aplicaram 808 nm de laser diodo, 100 mW, em dois pontos a 4 J/ cm² cada, totalizando 56 J/ cm² no grupo laser em um dos lados da maxila e o lado oposto fez parte do grupo controle. Os resultados foram avaliados no mesmo período e após 60 dias, a estabilidade dos micro-implantes foram verificadas novamente, através do dispositivo Periotest. Registraram a experiência de dor dos pacientes depois do primeiro dia e possível perda dos micro-implantes após 60 dias. Os resultados não mostraram diferença em relação à dor, mas 30 dias após a aplicação de laser houve maior estabilidade secundária e 60 dias após o tratamento, houve estabilidade significativamente maior no grupo laser, permitindo concluir que a fotobiomodulação teve um efeito positivo na cicatrização óssea e que pode ser utilizada como um sistema de ancoragem adicional no tratamento ortodôntico.

Costa *et al* (2021), realizaram a primeira revisão sistemática e meta-análise sobre os efeitos do laser de baixa intensidade na estabilidade dos mini-implantes ortodônticos. Buscaram por ensaios clínicos randomizados e não randomizados realizados nos últimos 5 anos e identificaram 943 referências por todo o mundo. Dois revisores independentes realizaram a seleção dos estudos e um terceiro revisor contribuiu nos casos de discordância. Os critérios de seleção foram estruturados de acordo com a estratégia PICOS (Pacientes, Intervenção, Controle, Resultado, Desenho do estudo) e o risco de viés de estudos randomizados foi avaliado com a

ferramenta Risk of Bias da Cochrane Collaboration. Para a realização da meta-análise, foram extraídos as médias, desvio padrão e tamanho da amostra dos estudos citados. Ao final, seis estudos foram incluídos para a síntese qualitativa e quantitativa. Embora os parâmetros nos protocolos não tenham sido homogêneos, o aumento da estabilidade do mini-implante foi alcançado em todos os ensaios clínicos incluídos nesta revisão, mostrando aplicabilidade clínica. No entanto, devido às limitações deste estudo, os autores consideram necessários ensaios clínicos adicionais de alta qualidade.

3. DISCUSSÃO

Tratamentos ortodônticos de longa duração podem ser inaceitáveis pelos pacientes e a aceleração dos movimentos pode reduzir o tempo de tratamento (Yang *et al*, 2019). A dor ortodôntica também representa um importante problema clínico (Marini *et al*, 2015) e esta terapia mostrou grande efetividade devido à sua ação analgésica, anti-inflamatória e de estimulação (Qamruddin *et al*, 2017; Furquin *et al*, 2015).

Em casos de expansão rápida da maxila, estudos indicam que a sua aplicação pode acelerar a maturação óssea e com isso, reduzir o tempo de tratamento e de contenção (Garcia *et al*, 2016; Ferreira *et al*, 2016; Rosa *et al*, 2017). Estudos sobre a aplicação da irradiação na estabilidade e no deslocamento dos mini-implantes, bem como nos efeitos inibitórios e reparadores da reabsorção radicular inflamatória induzida ortodonticamente (Ozturk e Gul Amuk, 2020; Ng *et al*, 2018), sugerem benefícios tanto para os pacientes como para os ortodontistas.

3.1 Efeito sobre a dor causada por separador elastomérico

Considerando que a separação dental pré-bandagem é um procedimento doloroso, Marini *et al* (2015), Furquin *et al* (2015), Qamruddin *et al* (2016), Farias *et al* (2016), Alsayed Hasan *et al* (2018) e Martins *et al* (2019), realizaram estudos de ensaio clínico para avaliar o efeito analgésico da fotobiomodulação utilizando luz infravermelha, em diferentes protocolos.

Marini *et al* (2015) e Qamruddin *et al* (2016), realizaram o estudo colocando separadores em primeiros molares superiores e inferiores e entregaram um questionário para avaliação de dor aos participantes. Nestes estudos não houve diferença estatisticamente significativa entre as arcadas.

Nos grupos estudados por Marini *et al* (2015), aquele que recebeu laser cessou a dor mais cedo quando comparado ao grupo placebo. Qamruddin *et al* (2016) e Farias *et al* (2016) obtiveram resultados semelhantes, com redução

significativa da dor após uma única aplicação de luz. Segundo Furquin *et al* (2015) e Alsayed Hasan *et al* (2018) os protocolos de fotobiomodulação utilizados, mostraram-se ineficazes na redução da dor. Para Martins *et al* (2019), houve uma redução da dor imediatamente após a inserção dos separadores, limitando o efeito da terapia.

3.2 Estabilidade de mini-implantes

Matys *et al* (2020) demonstraram que houve uma estabilidade de mini-implantes significativamente maior em pacientes que receberam fotobiomodulação, confirmando os estudos de Ekiser *et al* (2016), que realizaram o primeiro ensaio clínico com este objetivo. Esses dois trabalhos, entre outros, foram avaliados no primeiro estudo de revisão sistemática e meta-análise sobre o efeito do laser de baixa intensidade na estabilidade dos mini-implantes, realizado por Costa *et al* (2021), o qual demonstra que a estabilidade foi alcançada.

Entretanto, estes resultados foram contrários aos de Marañón-Vásquez *et al* (2019) que obtiveram perda da estabilidade em todos os grupos estudados.

Para Ekiser *et al* (2016), o estudo falhou em não controlar os hábitos de higiene bucal e em não separar os grupos por idade e sexo, o que pode ter causado interferências nos resultados devido às características de crescimento, desenvolvimento e reparação óssea. No entanto, Marañón-Vásquez *et al* (2019) consideraram que no estudo proposto, a dose de irradiação recebida pelos tecidos foi menor do que o planejado, pois estavam parcialmente cobertos pela cabeça do mini-implante, o que pode ter influenciado negativamente os resultados.

3.3 Percepção da dor

Nos estudos de Qamruddin *et al* (2017), Wu *et al* (2018), Alam (2019), Lo Giudice *et al* (2019) e Ren *et al* (2020), o uso da fotobiomodulação com laser infravermelho reduziu significativamente a dor durante a movimentação dentária ortodôntica.

Para Sfondrini *et al* (2020), a dor induzida pela colocação de bandas, teve efeito significativo apenas nas primeiras 12 horas.

Matys *et al* (2020) utilizaram laser vermelho com 635 nm e perceberam um alívio mais rápido de dor na comparação aos grupos controle e ozonioterapia.

De acordo com Celebi *et al* (2019), os diversos parâmetros de utilização de laser, assim como a variabilidade individual dos participantes, influenciam nos resultados. No estudo realizado, não houve redução da dor em comparação ao grupo controle.

3.4 Aceleração dos movimentos

Os estudos de Ekiser *et al* (2016) mostraram que a terapia de fotobiomodulação com uso de LED 618 nm não alterou os níveis de IL-1 β no fluido crevicular gengival, contrariando os resultados da pesquisa de Üretürk *et al* (2017) com laser diodo 820 nm, que obtiveram aumento nos níveis das citocinas IL-1 β e TGF- β 1, de Yang *et al* (2019), onde a expressão de IL-1 β , RANKL e OPG foi significativamente estimulada nos grupos de 660 e 830 nm em ratos e de Fernandes *et al* (2019) que mostrou níveis de IL-6, IL-8 e IL-1 β aumentados nos movimentos de intrusão associados ao uso de laser 808 nm.

Ekiser *et al* (2016), Qamruddin *et al* (2017) e Üretürk *et al* (2017) realizaram a retração dos caninos utilizando mola NiTi com 150gF apoiada em mini-implantes, enquanto Impellizzeri *et al* (2020) utilizaram laceback. Em todos os resultados, o movimento foi significativamente maior no lado experimental, chegando a uma taxa de 32% de maior deslocamento quando comparado ao lado placebo no estudo de Impellizzeri *et al* (2020).

Os estudos de Caccianiga *et al* (2017) mostraram aceleração no movimento de alinhamento dentário, assim como os estudos de Yang *et al* (2019) obtiveram aceleração da remodelação óssea. Fernandes *et al* (2019) reduziram o tempo de tratamento de intrusão de molares apoiados em mini-implantes, que atingiu 12 meses de tratamento no grupo controle e 8 meses no grupo fotobiomodulação.

Murakami-Malakias-Silva *et al* (2020), identificaram que a fotobiomodulação vem sendo aplicada com bons resultados em pequenos movimentos ortodônticos em adultos, indicando modulação da resposta inflamatória e aceleração do movimento. Desta forma, protocolaram um projeto de pesquisa com verticalização

de molar, o primeiro estudo clínico até o momento, para avaliar dor, taxa de movimento e qualidade de vida dos pacientes.

3.5 Reabsorção radicular

Estudos clínicos avaliaram a reabsorção radicular em primeiros pré-molares, após estes receberem 150 gF e aplicação de laser. Para Ang Khaw *et al* (2018) e Goymen e Gulec (2020) não houve diferença significativa quando comparado ao grupo placebo, contrariando a pesquisa de Ng *et al* (2018), que perceberam uma reabsorção 23% menor no grupo laser.

De acordo com pesquisas realizadas em ratos, De Melo Conti *et al* (2019) obtiveram uma diminuição no número de osteoclastos na superfície da raiz ocasionado pelo estímulo da Expressão OPG, assim como Ozturk e Gul Amuk (2020) mostraram efeitos inibitórios e reparadores marcantes modulando os níveis de expressão de RANKL e COX-2, sugerindo que a fotobiomodulação pode evitar a progressão da reabsorção radicular.

3.6 Tecidos Periodontais

De acordo com Stein *et al* (2018), a remoção de braquetes e do biofilme são eficientes para reverter um quadro de gengivite pós tratamento ortodôntico, porém a fotobiomodulação mostrou-se capaz de acelerar este processo. Para Gomes *et al* (2018) a irradiação com 780 nm e densidade de 640 J/ cm² estimulou a formação de osso alveolar e reorganizou os tecidos periodontais.

A fotobiomodulação com laser infra-vermelho durante o tratamento ortodôntico mostrou-se capaz de reduzir a inflamação gengival nos estudos de Alqerban *et al* (2020) e de Ren *et al* (2020), porém estes estudos apresentaram resultados distintos quanto aos níveis de bactérias, onde Alqerban *et al* (2020) perceberam a redução na concentração de *Treponema Denticola* no fluido crevicular gengival, enquanto Ren *et al* (2020) não identificaram diferença.

3.7 Reparação óssea após a expansão rápida da maxila (ERM)

Segundo Garcia *et al* (2016) e Ferreira *et al* (2016), o disjuntor Hyrax é um dispositivo amplamente utilizado para a ERM em estudos de fotobiomodulação, pois

não apresenta base de acrílico na mucosa palatina, facilitando a aplicação de irradiação por laser ou LED ao longo da sutura palatina mediana.

De acordo com Garcia *et al* (2016), os estudos para avaliar a reorganização da sutura palatina após a ERM são limitados a exames radiográficos, podendo ter resultados comprometidos devido a diferentes efeitos locais e sistêmicos conforme os pontos a serem irradiados e a capacidade de penetração da luz. Garcia *et al* (2016), Ferreira *et al* (2016) e Rosa *et al* (2017), optaram em analisar os resultados de seus estudos através da tomografia computadorizada de feixe cônico por permitir uma análise mais padronizada.

Os protocolos de fotobiomodulação para ERM em relação à dosagem e número de aplicações ainda necessitam de validações, mas o protocolo utilizado por Ferreira *et al* (2016) apresentou resultados semelhantes a outros estudos com diferentes protocolos. A Densidade óssea foi maior no grupo que recebeu fotobiomodulação, sugerindo uma aceleração na reparação óssea e ossificação da sutura palatina. Os resultados de Garcia *et al* (2016) coincidem com os estudos de outros autores que acreditam que o laser acelera a regeneração óssea. A pesquisa de Rosa *et al* (2017) que comparou os efeitos de Laser e LED em ratos, utilizou protocolos semelhantes e mostrou resultados sem diferença significativa entre os grupos, porém a Espectroscopia Raman e os achados histológicos indicaram que houve aumento da deposição de colágeno devido ao aumento da atividade osteoblástica e mostrou um pico mais alto de Hidroxiapatita de Cálcio no grupo LED, indicando maior mineralização. Para os autores, a fotobiomodulação é uma alternativa para acelerar a formação óssea após a ERM.

4. CONCLUSÃO

Na verificação da estabilidade dos mini-implantes, a maioria dos estudos demonstraram bastante efetividade, inclusive na revisão sistemática e meta-análise mais recente. Outros resultados bastante significativos estão relacionados à aceleração do tratamento, tanto da neoformação óssea em casos de expansão rápida da maxila como dos movimentos em casos de retração de caninos e de alinhamento dentário. A aplicação de laser sobre os tecidos periodontais mostraram efeitos positivos na redução da inflamação gengival nos estudos revisados.

Os resultados ainda são divergentes em relação à percepção de dor, mas na grande maioria houve redução. Estudos clínicos para avaliar a reabsorção radicular apresentaram conclusões distintas, porém ensaios em ratos identificaram uma diminuição de osteoclastos na superfície da raiz.

Apesar da grande variedade de protocolos, a fotobiomodulação parece ser um método auxiliar eficaz na prática clínica ortodôntica, mas novos estudos de qualidade são necessários para esclarecer as controversas e para determinar o protocolo mais apropriado nas diversas aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALAM, Mohammad Khursheed. Laser-Assisted Orthodontic Tooth Movement in Saudi Population: A Prospective Clinical Intervention of Low-Level Laser Therapy in the 1st Week of Pain Perception in Four Treatment Modalities. **Pain Research and Management**, v. 2019, 2019.
2. ALQERBAN, Ali. Efficacy of antimicrobial photodynamic and photobiomodulation therapy against *Treponema denticola*, *Fusobacterium nucleatum* and human beta defensin-2 levels in patients with gingivitis undergoing fixed orthodontic treatment: A clinic-laboratory study. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 29, n. January, 2020.
3. ALSAYED HASAN, Mohammad Moaffak A.; SULTAN, Kinda; HAMADAH, Omar. Evaluating low-level laser therapy effect on reducing orthodontic pain using two laser energy values: a split-mouth randomized placebo-controlled trial. **European journal of orthodontics**, v. 40, n. 1, p. 23–28, 2018.
4. ANG KHAW, Chun M; DALCI, Oyku; FOLEY, Matthew; *et al.* Physical properties of root cementum: Part 27. Effect of low-level laser therapy on the repair of orthodontically induced inflammatory root resorption: A double-blind, split-mouth, randomized controlled clinical trial. **American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics**, v. 154, n. 3, p. 326–336, 2018. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30173835>>.
5. CACCIANIGA, Gianluigi; PAIUSCO, Alessio; PERILLO, Letizia; *et al.* Does Low-Level Laser Therapy Enhance the Efficiency of Orthodontic Dental Alignment? Results from a Randomized Pilot Study. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 8, p. 421–426, 2017.
6. CELEBI, Fatih; TURK, Tamer; BICAKCI, Ali Altug. Effects of low-level laser therapy and mechanical vibration on orthodontic pain caused by initial archwire.

American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, v. 156, n. 1, p. 87–93, 2019.

7. COSTA, A.C.d., MAIA, T.A.C., DE BARROS SILVA, P.G. *et al.* Effects of low-level laser therapy on the orthodontic mini-implants stability: a systematic review and meta-analysis. **Prog Orthod**. v. 22, n. 6, 2021.

8. DE MELO CONTI, Carolina; SUZUKI, Hideo; GARCEZ, Aguinaldo Silva; *et al.* Effects of Photobiomodulation on Root Resorption Induced by Orthodontic Tooth Movement and RANKL/OPG Expression in Rats. **Photochemistry and Photobiology**, v. 95, n. 5, 2019.

9. EKIZER, Abdullah; TÜRKER, Gökhan; UYSAL, Tancan; *et al.* Light emitting diode mediated photobiomodulation therapy improves orthodontic tooth movement and miniscrew stability: A randomized controlled clinical trial. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 48, n. 10, 2016.

10. FARIAS, Rodrigo Duarte; CLOSS, Luciane Quadrado; MIGUENS, Sergio Augusto Quevedo. Evaluation of the use of low-level laser therapy in pain control in orthodontic patients: A randomized split-mouth clinical trial. **The Angle Orthodontist**, v. 86, n. 2, p. 193–198, 2016. Disponível em: <<https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/86/2/193/181594/Evaluation-of-the-use-of-lowlevel-laser-therapy-in>>.

11. FERNANDES, Marcella R.U.; SUZUKI, Selly S.; SUZUKI, Hideo; *et al.* Photobiomodulation increases intrusion tooth movement and modulates IL-6, IL-8 and IL-1 β expression during orthodontically bone remodeling. **Journal of Biophotonics**, v. 12, n. 10, 2019.

12. FERREIRA, Fabíola Nogueira Holanda; GONDIM, Juliana Oliveira; NETO, José Jeová Siebra Moreira; *et al.* Effects of low-level laser therapy on bone regeneration of the midpalatal suture after rapid maxillary expansion. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 5, p. 907–913, 2016.

13. FURQUIM, Rachel D'Aurea; PASCOTTO, Renata Correa; NETO, José Rino; *et al.* Low-level laser therapy effects on pain perception related to the use of orthodontic elastomeric separators. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 20, n. 3, p. 37–

42, 2015.

14. GARCIA, Valentin Javier; ARNABAT, J.; COMESAÑA, Rafael; *et al.* Effect of low-level laser therapy after rapid maxillary expansion: a clinical investigation. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 6, p. 1185–1194, 2016.

15. GOMES, Mônica Fernandes; GOULART, Maria da Graças Vilela; GIANNASI, Lilian Chrystiane; *et al.* Effects of the photobiomodulation using different energy densities on the periodontal tissues under orthodontic force in rats with type 2 diabetes mellitus. **Brazilian oral research**, v. 32, 2018.

16. GOYMEN, Merve; GULEC, Aysegul. Effect of photobiomodulation therapies on the root resorption associated with orthodontic forces: a pilot study using micro computed tomography. **Clinical Oral Investigations**, v. 24, n. 4, 2020.

17. IMPELLIZZERI, Alessandra; HORODYNSKI, Martina; FUSCO, Riccardo; *et al.* Photobiomodulation therapy on orthodontic movement: Analysis of preliminary studies with a new protocol. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, 2020.

18. LO GIUDICE, Antonino; NUCERA, Riccardo; PERILLO, Letizia; *et al.* Is Low-Level Laser Therapy an Effective Method to Alleviate Pain Induced by Active Orthodontic Alignment Archwire? A Randomized Clinical Trial. **Journal of Evidence Based Dental Practice**, v. 19, n. 1, p. 71–78, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1532338218301957>>.

19. MARAÑÓN-VÁSQUEZ, Guido A.; LAGRAVÈRE, Manuel O.; BORSATTO, Maria C.; *et al.* Effect of photobiomodulation on the stability and displacement of orthodontic mini-implants submitted to immediate and delayed loading: a clinical study. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 8, p. 1705–1715, 2019.

20. MARINI, Ida; BARTOLUCCI, Maria Lavinia; BORTOLOTTI, Francesco; *et al.* The effect of diode superpulsed low-level laser therapy on experimental orthodontic pain caused by elastomeric separators: a randomized controlled clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 1, p. 35–41, 2015.

21. MARTINS, Isabela Parsekian; MARTINS, Renato Parsekian; CALDAS, Sergei Godeiro Fernandes Rabelo; *et al.* Low-level laser therapy (830 nm) on orthodontic

pain: blinded randomized clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 2, p. 281–286, 2019.

22. MATYS, Jacek; FLIEGER, Rafał; GEDRANGE, Tomasz; *et al.* Effect of 808 nm Semiconductor Laser on the Stability of Orthodontic Micro-Implants: A Split-Mouth Study. **Materials**, v. 13, n. 10, p. 2265, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/10/2265>>.

23. MATYS, Jacek; JASZCZAK, Elżbieta; FLIEGER, Rafał; *et al.* Effect of ozone and diode laser (635 nm) in reducing orthodontic pain in the maxillary arch—a randomized clinical controlled trial. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 2, p. 487–496, 2020.

24. MURAKAMI-MALAQUIAS-SILVA, Felipe; ROSA, Ellen Perin; ALMEIDA, Paulo André; *et al.* Evaluation of the effects of photobiomodulation on orthodontic movement of molar verticalization with mini-implant: A randomized double-blind protocol study. **Medicine**, v. 99, n. 13, 2020.

25. NG, Doreen; CHAN, Ambrose K.; PAPADOPOULOU, Alexandra K.; *et al.* The effect of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption: A pilot double blind randomized controlled trial. **European Journal of Orthodontics**, v. 40, n. 3, p. 317–325, 2018.

26. OZTURK, Taner; GUL AMUK, Nisa. Effects of photobiomodulation at different wavelengths on orthodontically induced root resorption in orthodontic retention period: a micro-CT and RT-PCR study. **Lasers in Medical Science**, 2020.

27. QAMRUDDIN, Irfan; ALAM, Mohammad Khursheed; FIDA, Mubassar; *et al.* Effect of a single dose of low-level laser therapy on spontaneous and chewing pain caused by elastomeric separators. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 149, n. 1, p. 62–66, 2016.

28. QAMRUDDIN, Irfan; ALAM, Mohammad Khursheed; MAHROOF, Verda; *et al.* Effects of low-level laser irradiation on the rate of orthodontic tooth movement and associated pain with self-ligating brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 152, n. 5, p. 622–630, 2017.

29. REN, Chong; MCGRATH, Colman; GU, Min; *et al.* Low-level laser-aided

orthodontic treatment of periodontally compromised patients: a randomised controlled trial. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 3, p. 729–739, 2020.

30. ROSA, Cristiane Becher; HABIB, Fernando Antonio Lima; DE ARAÚJO, Telma Martins; *et al.* Laser and LED phototherapy on midpalatal suture after rapid maxilla expansion: Raman and histological analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 2, p. 263–274, 2017.

31. SFONDRINI, Maria Francesca; VITALE, Marina; PINHEIRO, Antonio Luiz Barbosa; *et al.* Photobiomodulation and Pain Reduction in Patients Requiring Orthodontic Band Application: Randomized Clinical Trial. **BioMed Research International**, v. 2020, 2020.

32. STEIN, Steffen; SCHAUSEIL, Michael; HELLAK, Andreas; *et al.* Influence of photobiomodulation therapy on gingivitis induced by multi-bracket appliances: A split-mouth randomized controlled trial. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 36, n. 8, 2018.

33. ÜRETÜRK, Sevin Erol; SARAÇ, Müyesser; FIRATLI, Sönmez; *et al.* The effect of low-level laser therapy on tooth movement during canine distalization. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 4, 2017.

34. WU, Song; CHEN, Yinan; ZHANG, Jinglu; *et al.* Effect of low-level laser therapy on tooth-related pain and somatosensory function evoked by orthodontic treatment. **International Journal of Oral Science**, v. 10, n. 3, 2018.

35. YANG, Huan; LIU, Jingwen; YANG, Kai. Comparative Study of 660 and 830 nm Photobiomodulation in Promoting Orthodontic Tooth Movement. **Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery**, v. 37, n. 6, 2019.