



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Maycon Binatto

Laser na redução bacteriana endodôntica

Araraquara
2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Maycon Binatto

Laser na redução bacteriana endodôntica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do grau de Cirurgião-dentista.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert.

Araraquara
2023

B612l Binatto, Maycon
 Laser na redução bacteriana endodôntica /
Maycon Binatto. -- Araraquara, 2023
 34 f.

 Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Odontologia) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela
Berbert

 1. Lasers. 2. Endodontia. 3. Enterococcus
faecalis. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara**

Maycon Binatto

Laser na redução bacteriana endodôntica

Orientador: Prof Dr Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

Assinatura Orientador:

Assinatura Aluno:

Araraquara, 30 de novembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Adriana de Sousa e Silva Binatto e Dirceu Binatto, pelo amor e apoio incondicional, pelos sacrifícios feitos durante esses cinco anos e por continuarem acreditando no meu sucesso até hoje. A minha namorada Giovanna Mariano Manin, pelo companheirismo e por ter sido meu porto seguro quando eu mais precisei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert, por todo o suporte e incentivo para que se tornasse possível a realização deste trabalho.

A todos meus amigos pela parceria e companheirismo durante toda graduação, especialmente a Andreia Menck Santos pelo incansável suporte acadêmico.

Binatto M. Laser na redução bacteriana endodôntica [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

O uso do laser na Odontologia, bem como suas modalidades de utilização, tem se tornado cada vez mais frequentes. Na Endodontia, o laser possui diversas aplicações, dentre as quais o tratamento dentinário, energização de soluções irrigadoras nos canais radiculares e até procedimentos cirúrgicos parendodônticos. Uma aplicação desse recurso tecnológico de grande destaque para a endodontia é a redução bacteriana do sistema de canais radiculares. Para esse fim, diversos tipos de lasers são empregados. Neste estudo, a finalidade foi a realização de um levantamento bibliográfico de característica revisional a respeito da redução bacteriana em endodontia, o qual possibilitou abordar os diferentes tipos de laser, seus respectivos parâmetros de aplicação e os resultados alcançados frente ao *Enterococcus faecalis*, bem como uma breve discussão quanto à literatura encontrada a respeito da aplicação do laser em tal procedimento. Concluiu-se que, apesar de todos os lasers oferecerem considerável redução da *E. faecalis*, quando aplicados de forma isolada em canais radiculares infectados com esta, nenhum obteve desinfecção de 100%; todos os lasers aplicados se mostraram eficazes como métodos auxiliares de desinfecção, possuindo um poder na redução bacteriana de até 100% quando empregado em complemento ao tratamento convencional; e que a utilização da laserterapia pode ser vista como um importante suporte ao tratamento convencional para controlar as infecções causadas por este microrganismo, caracterizando-se como uma terapia complementar. Novos estudos tornam-se necessários visando o aprimoramento da eficácia na eliminação da *E. faecalis*, e consequente elevação nos índices de sucesso clínico dos tratamentos endodônticos.

Palavras – chave: Lasers. Endodontia. Enterococcus faecalis.

Binatto M. Laser in endodontic bacterial reduction [Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Odontologia]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

The use of laser in Dentistry, as well as its modes of application, has become increasingly frequent. In Endodontics, the laser has several applications, including dentinal treatment, energization of irrigating solutions in the root canals, and even parendodontic surgical procedures. One prominent application of this technological resource in endodontics is bacterial reduction within the root canal system. For this purpose, various types of lasers are employed. In this study, the aim was to conduct a literature review with a revisional nature regarding bacterial reduction in endodontics, which made it possible to address the different types of lasers, their respective application parameters, and the results achieved in relation to *Enterococcus faecalis*, as well as a brief discussion regarding the literature found on the application of the laser in such procedure. It was concluded that despite all lasers offering a considerable reduction of *E. faecalis* when applied individually in root canals infected with it, none achieved 100% disinfection; all the applied lasers proved to be effective as auxiliary methods of disinfection, with a potential bacterial reduction of up to 100% when used in conjunction with conventional treatment; and that the use of laser therapy can be seen as an important support for conventional treatment in controlling infections caused by this microorganism, characterizing it as a complementary therapy. Further studies are necessary to enhance the efficacy in the elimination of *E. faecalis*, and consequently increase the clinical success rates of endodontic treatments.

Keywords: Lasers. Endodontics. *Enterococcus faecalis*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 PROPOSIÇÃO	08
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	09
4 DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Os microrganismos e seus derivados são os principais agentes etiológicos das infecções endodônticas, e sua eliminação é de fundamental importância para se obter sucesso no tratamento¹. Tendo em vista que dentro do campo da endodontia, os dentes podem ser encontrados em três condições básicas: polpa vital, polpa necrosada/infectada e casos de reinfecção; o sucesso do tratamento endodôntico será mediado pela capacidade de reconhecimento das características de cada um desses cenários, cada um necessitando de uma abordagem particular². Além disso, em casos de infecção, esse sucesso é diretamente associado a diversos fatores ligados entre si, dentre os quais podem ser citados: diagnóstico preciso, manutenção da cadeia asséptica, conhecimento da anatomia dentária, correto preparo químico-mecânico, obturação tridimensional do sistema de canais radiculares, preservação, e uso de medicação intracanal¹.

Não alcançando o sucesso, nos deparamos com o terceiro quadro dentre as condições básicas, ou seja, casos de reinfecção do sistema de canais radiculares². Nesses casos, o microrganismo mais recorrente dentre os encontrados é o *Enterococcus faecalis*, e isso ocorre devido a sua capacidade de superar os desafios da sobrevivência no sistema de canais radiculares de diversas formas^{3,4}, com uma vasta quantidade de polimorfismos genéticos. Isso faz com que a *E. faecalis* tenha habilidades como: sua capacidade de se ligar à dentina através de proteínas de ligação; a capacidade de invadir e viver dentro dos túbulos dentinários, devido ao seu tamanho; e também a capacidade de sobreviver a prolongados períodos de inanição até que um suprimento nutricional adequado esteja disponível³. Também tem grande contribuição para essa tenacidade da *E. faecalis*, a sua capacidade de formar biofilmes nas paredes dos canais radiculares, dificultando sua remoção através do preparo químico-mecânico⁵.

Diante desse desafio, tornou-se necessária a busca de formas alternativas e/ou auxiliares ao método de desinfecção tradicional. Então com o desenvolvimento⁶ e a introdução do laser na odontologia^{7,8}, vem se tornando cada vez mais frequente a utilização da laserterapia como método de desinfecção do sistema de canais radiculares⁹. Dessa forma, esta revisão de literatura tem como objetivo avaliar a viabilidade dessa modalidade de tratamento.

2 PROPOSIÇÃO

O propósito desse trabalho foi a realização de uma revisão da literatura a respeito da redução bacteriana em endodontia com diferentes tipos de laser, seus respectivos parâmetros de aplicação e os resultados alcançados frente ao *Enterococcus faecalis*, e uma breve discussão quanto à literatura encontrada.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Em um estudo pioneiro de Gutknecht et al.¹⁰ (2000), foi realizada a investigação sobre o efeito bactericida do laser de diodo (810nm) quando aplicado a dentina do canal radicular profundo. Foram utilizadas fatias de 100 µm, 300 µm e 500 µm de dentina bovina, as quais foram submetidas a inoculação em um de seus lados por *Enterococcus faecalis*. No lado oposto, foi realizada a radiação do laser por 30 segundos. Os resultados mostraram que a contagem de colônias bacterianas era menor na proporção que a espessura das fatias diminuía, no entanto, mesmo nas fatias de 500 µm foi alcançada uma redução bacteriana de 74%, assim, indicando a capacidade do laser de diodo em reduzir o número de bactérias nas camadas mais profundas da parede dentinária dos canais radiculares infectados.

No ano de 2002, Schoop et al.¹¹, avaliaram o efeito bactericida do laser Er:YAG quando aplicado a canais radiculares de dentes humanos in vitro. Foram utilizados 220 dentes humanos extraídos e processados endodônticamente – sendo autoclavados para eliminação de bactérias pré-existent e depois tendo a inoculação de isolados clínicos de *Enterococcus faecalis*, *Prevotella buccae*, *Peptostreptococcus micros*, e *Porphyromonas assacharolyticus* – e após isso, sendo irradiados pelo laser Er:YAG utilizando-se diferentes configurações, dessa forma, imitando procedimentos de irradiação in vivo. Então, os dentes foram divididos em três grupos e submetidos a avaliações bacteriológicas, microscopia eletrônica de varredura, e a mensurações de temperatura. As avaliações bacteriológicas mostraram que esse laser possui um poder bactericida decisivo, mesmo com a variação de potência e espécie de bactéria, excetuando-se apenas a *E. faecalis*, a qual apresentou uma resistência maior ao laser. A microscopia eletrônica de varredura mostrou discretas remoções de dentina das paredes dos canais radiculares. E as mensurações de temperatura mostraram que houve moderada elevação de temperatura quando configurações padronizadas de potência do laser foram utilizadas. Com isso, as investigações indicaram como possível a utilização do laser Er:YAG para a eliminação de bactérias nos canais radiculares sob condições in vitro.

Jha et al.¹² (2006), avaliaram a efetividade antibacteriana da instrumentação a laser, utilizando o laser Er,Cr:YSGG, e da instrumentação rotatória em dentes anteriores de raiz única infectados por *Enterococcus faecalis*. Foram utilizados 40 dentes humanos permanentes anteriores, os quais foram preparados

endodonticamente, e então, esterilizados para eliminar colônias bacterianas previamente presentes. Os dentes foram divididos em cinco grupos: Grupo A: inoculados, submetidos a laser, EDTA (17%), solução de hipoclorito de sódio (2,5%) (n=10); Grupo B: inoculados, submetidos a laser, EDTA (17%), solução salina estéril (n=10); Grupo C: inoculados, submetidos a instrumentação rotatória, EDTA (17%), solução de hipoclorito de sódio (2,5%) (n=10); Grupo D: inoculados, sem instrumentação (controle positivo) (n=5); Grupo E: sem inoculação, sem instrumentação (controle negativo) (n=5). Os resultados foram divididos em espécimes negativas para crescimento bacteriano e espécimes positivas para crescimento bacteriano, e mostraram que: Grupo A: resultado positivo em 80% dos casos; Grupo B: resultado positivo em 100% dos casos; Grupo C: resultado positivo em 60% dos casos; Grupo D: 100% positivo; Grupo E: 100% negativo. Com isso, conclui-se que, nesse estudo, nenhuma das instrumentações (rotatória e Er,Cr:YSGG) foram capazes de eliminar efetivamente a infecção por *E. faecalis*.

No estudo de Eldeniz et al.¹³ (2007), foi comparada a eficácia do procedimento de irrigação padrão com solução de hipoclorito de sódio (3%), com a aplicação de laser Er,Cr:YSGG em canais radiculares infectados (possuindo forame apical pequeno ou grande). Foram utilizados 40 incisivos centrais humanos de tamanhos semelhantes, os quais foram extraídos por motivos periodontais, então foram preparados endodonticamente (possuindo diferentes diâmetros de abertura foraminal), e esterilizados. Os dentes foram inoculados com *E. faecalis*, e então divididos em quatro grupos de 10 dentes cada; sendo o primeiro grupo de controle, o segundo grupo foi utilizada a irrigação por solução de hipoclorito de sódio, e os dois últimos grupos foram irradiados pelo laser. Os resultados mostraram que no grupo de controle positivo as bactérias sobreviveram e obtiveram o maior número de microrganismos. No grupo o qual foi utilizado a solução de hipoclorito de sódio, foi alcançada a esterilização completa. Já nos grupos os quais foram irradiados pelo laser, se obteve a redução da população bacteriana, no entanto, não houve a completa esterilização do canal, não havendo diferenças estatísticas entre os grupos e entre tamanhos de forame.

Wang et al.¹⁴ (2007), avaliaram o efeito bactericida dos lasers Er,Cr:YSGG e Nd:YAG quando aplicados em canais radiculares experimentalmente infectados. Foram utilizados 60 dentes de raiz única, recém extraídos; os quais foram preparados endodonticamente e esterilizados. Então, os espécimes foram submetidos a

inoculação de *E. faecalis* durante três semanas. Após incubação, os espécimes foram divididos aleatoriamente em seis grupos contendo dez dentes em cada grupo, sendo eles: Grupo 1: 10 canais irradiados pelo laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1W; Grupo 2: 10 canais irradiados pelo laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1,5W; Grupo 3: 10 canais irradiados pelo laser Nd:YAG a uma potência de 1W; Grupo 4: 10 canais irradiados pelo laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1,5W; Grupo 5: 10 canais submetidos a irrigação por solução de hipoclorito de sódio (2,5%) por 2 minutos, como controle positivo; Grupo 6: 10 canais não tratados, como controle negativo. No grupo de controle positivo, com a irrigação da solução de NaOCl (2,5%), houve 100% de eliminação da *E. faecalis*. Utilizando o laser Er,Cr:YSGG 1W, foi alcançado 77% de erradicação da *E. faecalis*, já no grupo que foi submetido ao mesmo laser com a potência de 1,5W, alcançou-se 96% de erradicação. No grupo o qual foi submetido ao laser Nd:YAG a 1W, alcançou-se 97% de erradicação da *E. faecalis*, já no grupo que utilizou o mesmo laser, no entanto, a potência de 1,5W, alcançou-se a erradicação de 98%. Dessa forma, nota-se que ambos os lasers têm importante poder bactericida, no entanto, o laser Nd:YAG se mostrou mais efetivo para essa tarefa nas condições aplicadas.

No estudo de Gordon et al.¹⁵ (2007), foi investigada a capacidade do laser Er,Cr:YSGG com pontas emisoras radiais de desinfetar uma dentina infectada por *Enterococcus faecalis*. Para isso, foi utilizado um sistema modelo de dentina infectada in vitro, a qual se tratava de um cilindro de dentina, retirado da raiz de um dente anterior, e cimentado em um aparato com duas câmaras (a câmara debaixo contendo uma solução tampão), feito a partir de uma tampa de agulha para seringa. O cilindro de dentina foi colocado entre as duas câmaras. Feita a esterilização do modelo, foi feita a inoculação da *E. faecalis* em cada cilindro. Foram utilizados 18 cilindros feitos sob as mesmas condições. Os cilindros foram selecionados aleatoriamente e 3 cilindros foram utilizados como grupos controle, sendo: Grupo 1: não tratado (controle positivo); Grupo 2: irrigado com 1,5mL de solução de NaOCl (2,5%); Grupo 3: irrigado com 3mL de solução de NaOCl (2,5%). Os grupos de 4-18, foram submetidos a irradiação do laser Er,Cr:YSGG, sob condições diferentes, sendo: Tempo: 15-240 segundo; Potência: 1,75-3,5W; Condições: seco ou ar + jato de água. Os resultados mostraram que a capacidade de recuperação bacteriana diminuiu de acordo com o aumento da duração de irradiação do laser e da potência utilizada, sendo alcançado um alto grau de desinfecção na faixa de 120 segundos de aplicação, sendo essa maior

do que a desinfecção alcançada pelo tratamento com a solução de hipoclorito de sódio. Assim, utilizando esse método, pode ser encontrada uma taxa de 99,7% de redução bacteriana, dessa forma, se mostrando como um importante agente antimicrobiano contra a *E. faecalis*.

Em 2008, Souza et al.¹⁶, avaliaram o grau de desinfecção da dentina do canal radicular gerado pelo uso do laser de diodo após o preparo biomecânico. Foram utilizados 30 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, passados por um processo de impermeabilização das raízes, protegidas as raízes por uma camada de silicona de condensação pesada, e então, esterilizados por autoclavagem. Após isso, foi feita a inoculação de *E. faecalis* por quatro semanas. Os espécimes foram então separados aleatoriamente em 3 grupos com 10 dentes cada, sendo: Grupo 1: instrumentado com limas rotatórias, irrigado com solução de hipoclorito de sódio (0,5%) e EDTA-T (17%), então irradiado por laser de diodo (830nm – 3W); Grupo 2: instrumentado com limas rotatórias, irrigado com solução de hipoclorito de sódio (0,5%) e EDTA-T (17%), mas sem irradiação de laser; Grupo 3: irrigação com solução salina (controle). Os resultados mostraram que quando comparado ao grupo de controle, o Grupo 1 obteve 100% de desinfecção, e o Grupo 2, 98,39%. Assim, conclui-se que nos parâmetros utilizados, o laser de diodo possibilitou o aumento de desinfecção da dentina radicular profunda.

No estudo de Benedicenti et al.¹⁷ (2008), foi investigado os efeitos bactericidas da irradiação nos canais radiculares infectados do laser de diodo (810nm), isolado ou associado a solução de hipoclorito de sódio e/ou irrigação de ácido cítrico. Foram utilizados 116 dentes humanos de raiz única, extraídos por motivos periodontais, os quais foram preparados endodonticamente e inoculados com *E. faecalis* por 15 dias. Os espécimes foram divididos em quatro grupos contendo 29 dentes cada, sendo: Grupo A: dentes irrigados com 2mL de solução de ácido cítrico (10%) por 1 minuto; Grupo B: dentes irrigados com 2mL de solução de NaOCl (5,25%) por 1 minuto; Grupo C: dentes foram irradiados pelo laser através de uma fibra óptica (200µm) a uma potência de 2,5W por 5 segundos; Grupo D: dentes foram irrigados pela solução de NaOCl, irradiados pelo laser, irrigados pela solução de ácido cítrico, irradiados novamente pelo laser, seguido de irrigação pela solução de NaOCl, e então uma nova irradiação pelo laser. Os resultados mostraram que o método utilizado no Grupo D foi o mais efetivo, mostrando assim, que o uso de solução de NaOCl, solução de ácido cítrico e laser de diodo possuem um efeito sinérgico, aumentando assim a eficácia

do tratamento, e levando a uma descontaminação do canal radicular significativamente mais efetiva.

Ainda em 2008, Noiri et al.¹⁸, examinaram os efeitos da irradiação do laser Er:YAG – com densidade de energia entre 0,38-0,98 J/cm² – sobre o biofilme de diversas bactérias diferentes, incluindo a *E. faecalis*, presentes em canais radiculares. Foram utilizados 12 dispositivos modificados de Robbins (DMR) e 120 discos de hidroxiapatita (HA), sendo 4 DMR e 40 discos de HA (10 por DMR) para cada cepa bacteriana. Os 40 discos de HA de cada espécie foram divididos em quatro grupos (10 discos por grupo), sendo três grupos experimentais, os quais receberam irradiação do laser, e um grupo controle, que não sofreu irradiação. Dos 10 discos de cada grupo, 8 foram analisados quantitativamente, e 2 morfologicamente. Então, os resultados mostraram que após a irradiação os números de células viáveis dos biofilmes diminuíram consideravelmente, e também pode-se observar morfologicamente mudanças atróficas e diminuição da densidade celular do biofilme. Portanto, se concluiu que laser Er:YAG podem ser apropriados para o uso clínico como dispositivo supressivo e removedor de biofilme no contexto dos tratamentos endodônticos.

Kustarci et al.¹⁹ (2009), avaliaram a atividade antimicrobiana do laser KTP (potássio-titanilo-fosfato) e de ozônio gasoso em canais radiculares infectados experimentalmente. Foram utilizados 80 dentes humanos de raiz única, preparado endodonticamente, esterilizados, e então inoculados com *E. faecalis* por 24 horas. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de 20 dentes cada, sendo: Grupo 1: submetido ao laser KTP a uma potência de 1,5W; Grupo 2: submetido ao ozônio gasoso; Grupo 3: irrigado com 2mL de solução de hipoclorito de sódio (2,5%) – controle negativo; Grupo 4: irrigado com 2mL de solução salina – controle positivo. Os resultados mostraram que no grupo de controle negativo, foi alcançado 100% de esterilização; e o grupo de controle positivo apresentou o maior número de microrganismos remanescentes. Já nos grupos experimentais (1 e 2), tanto o laser KTP, quanto o ozônio gasoso mostraram possuir grandes capacidades antibactericidas, no entanto, não alcançaram a esterilização completa como a solução de NaOCl.

No estudo de Schoop et al.²⁰ (2009), foram estimados os efeitos da irradiação do laser Er,Cr:YSGG utilizando pontas de disparo radiais no tratamento endodôntico. Foram utilizados 60 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados, e então, inoculados com cepas de *Escherichia coli*

ou *Enterococcus faecalis*. Para cada cepa foram divididos 20 dentes (dois grupos de dez dentes cada), que foram submetidos a irradiação por laser, e 10 dentes como grupo de controle, os quais não sofreram irradiação. Entre os dois grupos experimentais de cada cepa, um foi irradiado pelo laser a uma potência de 0,6W e o outro a uma potência de 0,9W, ambos num padrão de repetição de 20Hz. Os resultados da avaliação bacteriológica mostraram um importante efeito desinfetante, em que, no caso da *E. coli*, mesmo na potência mais baixa, houve uma redução que levou a população para baixo dos níveis detectáveis; já no caso da *E. faecalis*, uma grande redução foi alcançada, mas em nenhum dos grupos ficou abaixo do nível de detecção. O escaneamento por microscopia eletrônica mostrou uma remoção homogênea da smear layer das paredes do canal radicular. E pode-se medir um aumento de temperatura moderado na superfície da raiz durante a irradiação, sendo 1,3°C para a potência de 0,6W, e 1,6°C para a potência de 0,9W. Portanto, pode-se concluir que a combinação do laser com as pontas pode ser utilizada para a limpeza e desinfecção de canais radiculares infectados.

No estudo de Yavari et al.²¹ (2010), foi investigada a capacidade de erradicação da *E. faecalis* em canais radiculares de dentes extraídos através da irradiação de laser Er,Cr:YSGG em configuração de alta potência. Foram utilizados 60 incisivos centrais superiores recém extraídos, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados, e inoculados com *E. faecalis*. As amostras foram divididas aleatoriamente em quatro grupos, contendo 15 dentes cada, sendo: Grupo 1: não sofreu intervenção – grupo controle positivo; Grupo 2: irradiado por laser a potência de 2W por 16 segundos; Grupo 3: irradiado por laser a potência de 3W por 16 segundos; Grupo 4: irrigado por solução de NaOCl (1%) por 20 minutos – controle negativo. Os resultados mostraram que em relação ao Grupo 1 (que não sofreu intervenção), o Grupo 2 obteve uma taxa de erradicação de 97,6%, o Grupo 3 98,5%, e o Grupo 4 100%. Pode-se concluir então que o laser Er,Cr:YSGG, em ambas as configurações de potência, possui importante capacidade bactericida, no entanto, ainda abaixo da solução de NaOCl.

No estudo de Cheng et al.²² (2012), foi avaliado o efeito bactericida da irradiação dos lasers Nd:YAG, Er:YAG e Er,Cr:YSGG, e a utilização da terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) sobre canais radiculares experimentalmente infectados, comparados com o tratamento endodôntico convencional utilizando irrigação de solução de NaOCl (5,25%). Foram utilizados 210 dentes humanos recém

extraídos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados, e então, inoculados com *E. faecalis* por quatro semanas. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos experimentais e dois grupos controle, contendo 30 dentes em cada grupo. 20 canais de cada grupo foram submetidos aos seguintes procedimentos: Grupo 1: irradiados por laser Nd:YAG a uma potência de 1,5W; Grupo 2: os canais foram inundados por solução de NaOCl (5,25%), solução salina, e água destilada sucessivamente e respectivamente irradiados por laser Er:YAG a uma potência de 0,3W; Grupo 3: mesmo procedimento do Grupo 2, no entanto, sem utilizar a inundação por solução de NaOCl; Grupo 4: irradiação por laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1W; Grupo 5: canais inundados por azul de metileno e irradiados por uma luz de LED a uma potência de 0,2W; Grupo 6: canais irrigados com 5ml de solução de NaOCl (5,25%) durante 60 segundos – controle positivo; Grupo 7: canais irrigados por 5ml de solução salina (0,9%) por 60 segundos – controle negativo. Dez dentes de cada grupo foram utilizados para avaliação bacteriológica, e os outros dez foram examinados através de escaneamento por microscopia eletrônica. Os resultados mostraram que todos os protocolos obtiveram sucesso na desinfecção dos canais radiculares, no entanto, somente o protocolo utilizado no Grupo 2 atingiu uma redução bacteriana de 100%. Portanto, concluiu-se que todos os protocolos testados possuem efeitos bactericidas efetivos nos canais radiculares, e o protocolo do Grupo 2 aparenta ser o protocolo ideal a ser utilizado.

No estudo de Bago et al.²³ (2013), foi avaliado o efeito antimicrobiano da irradiação do laser de diodo, da desinfecção fotoativada (PAD), e da irrigação convencional e ativada por ultrassom no tratamento de canais radiculares infectados. Foram utilizados 120 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis* durante sete dias. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em cinco grupos experimentais contendo 20 dentes cada, e um grupo de controle positivo, contendo 10 dentes; sendo: Grupo 1: irrigação com 5mL de solução de NaOCl (2,5%) por 1 minuto; Grupo 2: lavagem do canal com 5mL de solução de NaOCl (2,5%) por 30 segundos, seguida de ativação por mais 30 segundos utilizando dispositivo endoativador (10000 cpm); Grupo 3: irradiação por laser diodo a uma potência de 2W por 20 segundos, repetindo três vezes com intervalos de 10 segundos; Grupo 4: inundação por azul de toluidina, seguida de agitação da solução com uma lima K 15 e deixada no canal por 1 minuto, e irradiação de laser diodo a uma potência de 100mW por 1 minuto; Grupo 5: canais

inundados por cloreto de fenotiazina, solução agitada com uma lima K 15, e deixada no canal por 2 minutos, seguida de irradiação por laser diodo a uma potência de 100mW por 1 minuto; Grupo de controle positivo: lavagem dos canais com 5mL de solução salina (0,85%) por 1 minuto, seguido de lavagem com 1mL de tiosulfato de sódio (5%) por 30 segundos, e outra lavagem com 1mL de solução salina por 30 segundos. Os resultados mostraram que houve significantes reduções da população bacteriana em todos os protocolos utilizados, no entanto, a PAD, utilizando ambos os sistemas de laser, e a solução de NaOCl ativada foram protocolos significativamente mais efetivos do que a irradiação por laser diodo e a irrigação com solução de NaOCl isolada, essas duas últimas tendo resultados estatisticamente semelhantes.

A eficácia de diversos lasers na desinfecção de canais radiculares inoculados com biofilmes de *Enterococcus faecalis* e *Candida albicans* foi comparada no estudo de Kasic et al.²⁴ (2017). Foram utilizados 30 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis* e *C. albicans* durante sete dias. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em três grupos de 10 dentes cada, sendo: Grupo 1: irradiação por laser Er:YAG a uma potência de 0,3W combinado com a técnica PIPS (photon-induced photoacoustic streaming); Grupo 2: irradiação por laser Nd:YAG a uma potência de 1,5W; Grupo 3: irradiação por laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1,25W. Os resultados mostraram que a irradiação por laser Nd:YAG não obteve redução bacteriana estatisticamente significativa; já a irradiação pelos lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG obtiveram números importantes de redução, no entanto, o laser Er,Cr:YSGG conseguiu ser mais eficaz contra ambas as bactérias.

No estudo de Cheng et al.²⁵ (2017), foi avaliado o efeito bactericida da irrigação por hipoclorito de sódio ativada por laser Er:YAG contra biofilmes de *Enterococcus faecalis*. Foram utilizados 100 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados. Os espécimes foram divididos em sete grupos, sendo: Grupo A: 10 canais deixados sem receber tratamento; Grupo B: 15 canais tratados com irrigação de solução salina (SS) (5mL, 60 segundos); Grupo C: 15 canais tratados com irrigação de solução de NaOCl (5,25%) (5mL, 60 segundos); Grupo D: 15 canais tratados com irrigação de solução salina (5mL, 30 segundos) ativada por ultrassom (US); Grupo E: 15 canais tratados por irrigação de solução salina (5mL, 30 segundos) ativada por irradiação de laser Er:YAG; Grupo F: 15 canais tratados por irrigação de solução de NaOCl (5,25%) (5mL,

60 segundos) ativada por ultrassom; Grupo G: 15 canais tratados por irrigação de solução de NaOCl (5,25%) (5mL, 60 segundos) ativada por irradiação de laser Er:YAG. As reduções bacterianas entre os grupos se mostraram como: Er:YAG + NaOCl (98,8%) > US + NaOCl (98,6%) > NaOCl (94%) > Er:YAG + SS (91,9%) > US + SS (78,1%) > SS (51,1%). Dessa forma, foi mostrado que a combinação entre a solução de NaOCl e laser Er:YAG é o protocolo mais efetivo dentre os avaliados para a desinfecção de canais radiculares infectados por biofilmes de *E. faecalis*.

Ainda em 2017, no estudo de Schulte-Lunzum et al.²⁶, foi avaliado o efeito bactericida do laser de diodo (940nm) utilizando dois sistemas de irradiação diferentes, ponta de disparo radial (radial firing tip - RFT) e ponta de fibra sem revestimento (bare end fiber tip - BFT), em dentes bovinos infectados por *Enterococcus faecalis*. Foram utilizadas 100 fatias de dentes bovinos com espessura determinada em 500 e 1000 µm (50 fatias para cada espessura). Após a infecção por *E. faecalis*, as fatias foram aleatoriamente divididas em quatro grupos experimentais, que sofreram a irradiação utilizando os dispositivos RFT e BFT (potência de 1W e 1,5W), e para cada grupo, amostras foram mantidas sem tratamento como controle. Os resultados mostraram que o sistema RFT teve um poder de redução bacteriana significativamente maior comparado ao BFT, independente de potência e espessura de dentina, e ambos não apresentaram elevações de temperatura prejudiciais. Portanto, dentro dos parâmetros utilizados, pode-se afirmar que o laser diodo 940nm em conjunto com a RFT mostraram efeito bactericida satisfatório e sem efeito colateral de temperatura.

Já, no estudo de Wang et al.²⁷ (2018), foi comparado o efeito bactericida de diversos laser sobre túbulos dentinários infectados por biofilmes de *Enterococcus faecalis*. Foram utilizados 70 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados de forma a se transformar em blocos de dentina com o canal radicular dentro. Então, foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em seis grupos, contendo 10 blocos por grupo, sendo: Grupo A: imersão em 1mL de solução de NaOCl (5,25%) – controle positivo; Grupo B: irradiação por laser Nd:YAG a uma potência de 1,5W; Grupo C: irradiação por laser diodo (980nm) a uma potência de 1,5W; Grupo D: irradiação por laser Nd:YAP a uma potência de 3W; Grupo E: tratamento com 5mL de solução de NaOCl (5,25%) e ativação por laser Er,Cr:YSGG a uma potências de 0,75W; Grupo F: tratamento com 5mL de solução de NaOCl (5,25%) e ativação por

laser Er:YAG a uma potência de 0,3W. Os resultados mostraram que a redução bacteriana aumentou de acordo com o aumento de tempo de tratamento. Os lasers Er,Cr:YSGG e Er:YAG mostraram uma significativa elevação no efeito bactericida da solução de NaOCl. Sobre o mesmo tempo de tratamento o poder de redução bacteriana se mostrou na seguinte ordem decrescente: Er:YAG + NaOCl, Er,Cr:YSGG + NaOCl > Nd:YAP > Nd:YAG, diodo > NaOCl. Nas condições utilizadas, os lasers Er,Cr:YSGG e Er:YAG em conjunta ação com a solução de NaOCl, apresentaram o efeito bactericida com maior potência entre os protocolos utilizados, no entanto, todos os protocolos possui potencial para a desinfecção de canais radiculares.

No estudo de Liu et al.²⁸ (2018), foi avaliada a eficácia de três parâmetros do laser Nd:YAP contra a *Enterococcus faecalis* comparado a irrigação por solução de NaOCl. Foram utilizados 50 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. Cinco canais foram mantidos sem tratamento para servir como grupo controle, e os 40 espécimes remanescentes foram aleatoriamente divididos em quatro grupos, sendo: Grupo 1: irrigados por 5mL de solução de NaOCl (5,25%) por 60 segundos; Grupo 2: inundados por solução de NaOCl (5,25%), a qual foi ativada por laser Nd:YAP a 180mJ, e 0,9W; Grupo 3: : inundados por solução de NaOCl (5,25%), a qual foi ativada por laser Nd:YAP a 280mJ, e 1,4W; Grupo 4: : inundados por solução de NaOCl (5,25%), a qual foi ativada por laser Nd:YAP a 360mJ, e 1,8W. Os resultados mostraram que dentre os grupos que receberam tratamento a redução bacteriana se deu na seguinte sequência em ordem decrescente: Nd:YAP (360mJ) (53,7%) > Nd:YAP (280mJ) (51,5%) > Nd:YAP (180mJ) (45,3%) > NaOCl (5,25%) (31,9%). O laser Nd:YAP de 280mJ e 360mJ mostraram efetivo efeito bactericida na remoção de biofilmes de *E. faecalis* das paredes dos canais radiculares e túbulos dentinários.

No estudo de Hendi et al.²⁹ (2018), foi investigado os efeitos bactericidas dos lasers diodo azul (445nm) e Er,Cr:YSGG quando irradiados sobre diferentes espessuras de dentina de canais radiculares infectados por biofilmes de *Enterococcus faecalis*. Foram utilizados 60 dentes humanos de raiz única, os quais foram transformados em fatias de dentina com espessura de 300, 500, e 1000 microns, preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. As fatias então foram aleatoriamente divididas em quatro grupos, um grupo controle com 5 fatias de cada espessura, e três grupos experimentais, os quais continham 10 fatias de cada espessura, totalizando 30 fatias por grupo, sendo: Grupo A: irradiadas pelo

laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 1,5W; Grupo B: irradiadas por laser diodo azul (445nm); Grupo C: tratado com três ciclos de irradiação, o primeiro ciclo de laser Er,Cr:YSGG, o segundo e o terceiro de laser diodo azul, ambos lasers com configurações idênticas as usadas nos grupos anteriores; Grupo D: não sofreram irradiação – controle positivo. Ambos os lasers não levaram a reduções bacterianas efetivas em nenhuma das espessuras testadas. Só foi alcançado um efeito bactericida efetivo no grupo em que ambos lasers foram utilizados juntos, e apenas nas fatias de menor espessura (0,3mm). Portanto, pode-se concluir que esses lasers utilizados isoladamente não são tão efetivos no combate bacteriano quanto são quando utilizados em conjunto aos métodos convencionais de desinfecção de canais radiculares.

No estudo de Dumani et al.³⁰ (2019), foi comparado a eficácia do hipoclorito de cálcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) e do hipoclorito de sódio (NaOCl), em conjunto ou não ao laser Er,Cr:YSGG, na redução bacteriana quando utilizados em canais radiculares experimentalmente infectados por *Enterococcus faecalis*. Foram utilizados 105 pré-molares de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. Então, foram aleatoriamente divididos em sete grupos contendo 15 espécimes cada, sendo: Grupo 1: irrigação com água destilada; Grupo 2: irrigação com solução de NaOCl (2,5%); Grupo 3: irrigação com $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (2,5%); Grupo 4: irrigação de água destilada ativada por laser; Grupo 5: irrigação de NaOCl (2,5%) ativada por laser; Grupo 6: irrigação de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (2,5%) ativada por laser; Grupo 7: irradiação de laser sem solução. Os resultados mostraram que no grupo irrigado apenas com água destilada os números de bactéria foram significativamente maiores do que em qualquer grupo experimental. Todos os outros grupos experimentais obtiveram altas reduções bacterianas sem diferenças estatísticas significantes entre eles. Portanto, pode-se afirmar que o laser Er,Cr:YSGG com ou sem irrigação de soluções possui efeitos antimicrobianos em túbulos dentinários infectados por *E. faecalis*. E também, pode-se afirmar que as propriedades antibacterianas da solução de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (2,5%) é tão efetiva quando a solução de NaOCl (2,5%) sobre *E. faecalis* em canais radiculares, sendo elas ativadas por laser ou não.

No estudo de Zhang et al.³¹ (2020), foi estudada a utilidade da luz azul antimicrobiana (antimicrobial blue light – aBL) tendo sua irradiação emitida por um micro-LED implantável sem fio (desenvolvido por eles) na desinfecção de canais

radiculares infectados por *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus aureus* resistentes a meticilina (MRSA), e *Prevotella intermedia*. Foram utilizados 30 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. As amostras foram divididas aleatoriamente em três grupos com 10 canais cada, sendo: Grupo SS: inundados com solução salina e selado com Ceivitron; Grupo HC: injetada pasta de hidróxido de cálcio e selado com Ceivitron; Grupo aBL: inundados com solução salina, e um micro-LED sem fio foi implantado, com Ceivitron selando os canais e fixando os micro-LEDs. As amostras e os dispositivos sem fio foram incubados a 37°C na presença de 5% de CO₂ por 3 ou 7 dias. Os resultados mostraram que a *E. faecalis*, MRSA, e *P. intermedia* foram significativamente eliminadas após irradiações de 432, 36 e 1,35J/cm², respectivamente. Foi mostrado que a exposição contínua de aBL é biocompatível in vitro. E também foi revelado que o dispositivo de micro-LED teve um efeito antimicrobiano mais efetivo do que a pasta de hidróxido de cálcio sobre o canal infectado por biofilmes de *E. faecalis*.

No estudo de Merigo et al.³² (2021), foi avaliada a efetividade do laser Er,Cr:YSGG na desinfecção de canais radiculares. Foram utilizados 73 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *Porphyromonas gingivalis*, *Streptococcus salivarius*, *Enterococcus faecalis*, e *Prevotella intermedia*. Os dentes foram divididos aleatoriamente em sete grupos, sendo: Grupo 1: 7 dentes mantidos sem tratamento para a formação de biofilmes; Grupo 2: 15 dentes (possuindo 2 amostras como controle positivo e 1 como controle negativo) irradiados pelo laser a uma potência de 0,75W; Grupo 3: 15 dentes (possuindo 2 amostras como controle positivo e 1 como controle negativo) irradiados pelo laser a uma potência de 4W; Grupos 4 e 5: 15 dentes (possuindo 2 amostras como controle positivo e 1 como controle negativo) irrigados por duas soluções diferentes e irradiados pelo laser a mesma potência de 1,5W; Grupo 6: 6 dentes tratados com irrigação de 4mL de solução de NaOCl (2,5%) durante 60 segundos – grupo controle. Os resultados mostraram que os espécimes dos grupos 2 e 3 obtiveram maturação de biofilmes com a presença de *E. faecalis* e *S. salivarius* em cadeias. Os espécimes do Grupo 4 mostraram uma limpeza média das paredes dos canais, já nos do Grupo 5, amostras do terço apical apresentaram diversos debris, smear layer, rachaduras, e dentina derretida na parede radicular. Foi demonstrado que, nas condições avaliadas, o laser Er,Cr:YSGG possui habilidades desinfetantes quando associado a irrigação por solução de NaOCl.

No estudo de Maiti et al.³³ (2022), foi investigada a eficiência do laser diodo na desinfecção de canais radiculares infectados por *Enterococcus faecalis*, comparada ao sistema Endovac. Foram utilizados 45 dentes humanos de raiz única, os quais foram preparados endodonticamente e infectados por *E. faecalis*. Os dentes foram divididos em três grupos de 15 amostras cada, sendo: Grupo 1: mantido sem tratamento – controle; Grupo 2: Endovac como irrigador, utilizando solução de NaOCl (5,25%); Grupo 3: irradiação por laser diodo (908nm). Os resultados mostraram que na utilização do Endovac foram alcançados 65% de redução bacteriana, já na utilização do laser diodo, foi alcançado 90% de redução. Dessa forma, foi mostrado a eficiência do laser diodo na desinfecção de canais radiculares infectados por *E. faecalis*.

No estudo de Mishra et al.³⁴ (2022), foi comparada a efetividade da desinfecção realizada pelo laser diodo (em modo contínuo e pulsação) e pela solução de hipoclorito de sódio. Foram selecionados 45 pacientes, fez-se o acesso aos canais radiculares e tirada uma primeira amostra, a qual foi transferida para um tubo estéril; e então, os canais foram devidamente preparados endodonticamente. Os pacientes foram divididos em três grupos, sendo: Grupo 1: irradiados por laser diodo (980nm) a uma potência de 3W em modo contínuo por 20 segundos; Grupo 2: irradiados por laser diodo (980nm) a uma potência de 3W em modo de pulsação por 30 segundos; Grupo 3: irrigados por solução de NaOCl (5,25%) por 5 minutos. Após isso, novas amostras foram tiradas, e estas junto as amostras tiradas anteriormente ao tratamento, foram inoculadas em ágar com sangue de ovelha, para avaliar possíveis crescimentos bacterianos. Os resultados mostraram que todos os grupos obtiveram relevantes diferenças de resultados, e que todos alcançaram significantes taxas de redução bacteriana, sendo: Grupo 1 (91,9%) > Grupo 3 (86,5%) > Grupo 2 (72%). Assim, mostrando que o laser diodo em modo contínuo é mais eficaz que os outros dois protocolos utilizados.

No estudo de Kodical et al.³⁵ (2022), foi avaliada e comparada a eficácia antimicrobiana da solução de NaOCl (2,5%), e do Aquatine Endodontic Cleanser (EC) com ou sem ativação por laser diodo (810nm). Foram utilizados 45 dentes humanos, os quais foram preparados endodonticamente, esterilizados e infectados por *E. faecalis*. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em três grupos, sendo: Grupo 1: irrigação com 30mL de solução de NaOCl (2,5%) por 20 segundos, três vezes e com intervalos de 10 segundos, usando seringas luer lock descartáveis; Grupo 2:

mesmo procedimento do Grupo 1, mas usando o Aquatine EC como irrigante; Grupo 3: irrigação com Aquatine EC ativada por laser. Os resultados das comparações entre os grupos mostraram que houve reduções bacterianas em todos os grupos, e que houveram significantes diferenças estatísticas entre os grupos 1 e 2 (97,6%), e entre os grupos 1 e 3 (99,7%), mas não entre os grupos 2 e 3 (28,4%). Pode-se notar que o Aquatine EC mostrou máxima eficácia de seu efeito antimicrobiano quando ativado por laser. Portanto, pode-se considerar o Aquatine EC ativado por laser como uma viável alternativa ao tratamento com solução de NaOCl, visando evitar os efeitos tóxicos desta.

No estudo de Chauhan et al.³⁶ (2023), foi comparada a eficácia antimicrobiana do NaOCl, da solução salina, e da desinfecção laser-assistida por laser Er,Cr:YSGG, no tratamento de canais radiculares de molares decíduos. Foram selecionadas 45 crianças de 4-8 anos, as quais foram aleatoriamente divididas em três grupos, sendo: Grupo A: durante a instrumentação, foi feita a irrigação com solução de NaOCl (2,5%); Grupo B: durante a instrumentação, irrigação por solução salina, seguida de irradiação por laser Er,Cr:YSGG a uma potência de 2W; Grupo C: durante a instrumentação, irrigação por solução salina. Os resultados mostraram que a solução de NaOCl foi mais efetiva contra as bactérias aeróbicas, já o laser Er,Cr:YSGG contra as bactérias anaeróbicas. Dessa forma, foi mostrado que tanto NaOCl quanto o laser Er,Cr:YSGG são protocolos viáveis para a desinfecção de canais radiculares de dentes decíduos.

4 DISCUSSÃO

A partir do estudo de Gutknecht et al.¹⁰ no ano de 2000, o qual demonstrou o efeito bactericida da laserterapia sobre canais radiculares, utilizando-se do laser diodo, foram realizados muitos estudos, dos quais uma parte foi avaliada nesta revisão¹¹⁻³⁶ visando identificar a viabilidade e o poder antibacteriano de diversos tipos de lasers a serem aplicados nesse tipo de terapia. Levando em consideração os diferentes métodos utilizados, e para elucidar da melhor forma os resultados dos estudos avaliados, os tipos de lasers aplicados serão divididos em ordem crescente de presença nas pesquisas.

O laser KTP (potássio-titanilo-fosfato), foi utilizado em apenas um estudo¹⁹. Nesse estudo de Kurstaci et al.¹⁹, foi reafirmada a necessidade de desenvolver abordagens alternativas para melhorar a eficácia dos tratamentos endodônticos, principalmente em casos de infecções resistentes como as de *E. faecalis*. O laser KTP demonstrou uma capacidade antimicrobiana substancial, no entanto, não alcançou a completa esterilização como no grupo de controle, o que implica na necessidade de ter considerações cuidadosas sobre a eficácia desse tipo de abordagem alternativa em comparação com os tratamentos convencionais. Além disso, questões relacionadas as variações dosagem, penetração e possíveis danos teciduais devem ser sempre considerados no estudo desse tipo de tratamento.

O laser Nd:YAP foi aplicado em dois estudos, sendo as pesquisas de Wang et al.²⁷ e de Liu et al.²⁸. Ambos avaliaram a eficácia do laser Nd:YAP em comparação a solução de NaOCl. Apesar das diferenças entre os protocolos experimentais – no primeiro²⁷, utilizando dentes humanos unirradiculares transformados em blocos de dentina com a raiz em seu interior; e no segundo²⁸, dentes humanos unirradiculados sem a modificação anteriormente citada – ambos os estudos destacaram a capacidade do laser Nd:YAP em reduzir significativamente a carga bacteriana dos canais radiculares infectados, quando combinados com a solução de NaOCl. Comparando os resultados dos estudos, fez-se evidente que a potência do laser desempenha um papel crucial na eficácia do tratamento, em que no estudo de Wang et al.²⁷, utilizando uma potência de 3W alcançou-se uma redução bacteriana eficaz, embora não tenha chegado ao mesmo nível de eficácia de outros lasers utilizados (Er,Cr:YSGG e Er:YAG). Da mesma forma, no estudo de Liu et al.²⁸, as diferentes potências do laser (180mJ, 280mJ e 360mJ) demonstraram uma relação direta com a

eficácia da redução bacteriana, com o laser a 360mJ mostrando a maior eficácia. Além disso, ambos os estudos reforçam a importância de considerar a potência e os parâmetros do laser adequados ao implementá-lo em protocolos de tratamento, sendo assim, a compreensão das características específicas do laser, juntamente com a seleção adequada desses parâmetros, pode melhorar significativamente a eficácia na desinfecção endodôntica.

A utilização do laser Nd:YAG foi avaliada por quatro pesquisas^{14,22,24,27}. Considerando as variações em termos de protocolos e eficácia, em que, em todos os estudos^{14,22,24,27} foi demonstrada certa eficácia no tratamento contra a *E. faecalis*. No entanto, no estudo de Kasic et al.²⁴ ainda foi feita a comparação do Nd:YAG a outros lasers, e no estudo de 2018 de Wang et al.²⁷, fez-se o mesmo com o adicional da comparação a soluções químicas. No estudo de 2007 de Wang et al.¹⁴, o laser Nd:YAG mostrou uma taxa de erradicação da *E. faecalis* de 97% e 98%, utilizando potências de 1W e 1,5W, respectivamente. No estudo de Cheng et al.²², o grupo que utilizou a combinação de NaOCl e laser Nd:YAG obteve uma eficácia antimicrobiana de 91%, utilizando também uma potência de 1,5W, sendo a taxa menor de desinfecção em comparação ao estudo anterior explicada pela utilização por menos tempo do que o indicado pelo fabricante para esta potência. Já o estudo de Kasic et al.²⁴, apesar do laser apresentar eficácia na desinfecção da *E. faecalis*, sua redução bacteriana não foi estatisticamente significativa quando comparada aos lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG. Assim como, no estudo de 2018 de Wang et al.²⁷, também foi demonstrado que mesmo possuindo eficácia, seus efeitos antibacterianos ainda são inferiores aos lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG. Dessa forma, essas descobertas destacam a importância de considerar cuidadosamente os parâmetros utilizados para o laser – como sua potência de irradiação – em conjunto com outros fatores experimentais – como o tempo de tratamento – ao avaliar sua eficácia na desinfecção endodôntica.

O laser Er:YAG também foi incluído em diversos estudos^{11,18,22,24,25,27}. No estudo pioneiro conduzido por Schoop et al.¹¹ foi exposto que, apesar de apresentar um poder bactericida significativo, sendo esse poder crescente em relação ao aumento da potência utilizada (0,5W, 1W e 1,3W), no caso da *E. faecalis* houve uma certa resistência, dessa forma, para sua completa erradicação seria necessária a utilização de uma potência que traria danos teciduais, devida a gradativa elevação de temperatura que se apresenta ao aumentar a potência do laser. No estudo de Noiri et

al.¹⁸, o qual diferente dos outros estudos^{11,22,24,25,27}, não utilizou dentes humanos e sim discos de hidroxiapatita, foi utilizado o laser Er:YAG em uma densidade de energia de 0,38 a 0,98 J/cm², o que demonstrou significativa eficácia na supressão bacteriana e na remoção de biofilmes, afirmando o potencial clínico do laser. Na pesquisa de 2012 de Cheng et al.²², já citada anteriormente, em que foi comparada a eficácia de diversos lasers, o Er:YAG foi aplicado na presença de solução salina (Grupo 3) e em conjunto a solução de NaOCl (Grupo 2); em ambos os casos a redução bacteriana foi de aproximadamente 100%, no entanto, apenas o grupo que se fez uso da solução de NaOCl, conseguiu atingir as camadas mais profundas de dentina. No estudo de Kasic et al.²⁴, foi utilizado o laser Er:YAG a uma potência de 0,3W combinado com a técnica PIPS (photon-induced photoacoustic streaming), e dentro dessas condições, o laser demonstrou um poder de redução bacteriana contra a *E. faecalis* de 98,7%. Já no estudo de 2017 de Cheng et al.²⁵, o laser Er:YAG foi utilizado em duas situações; a primeira em combinação com solução salina, a qual alcançou um nível de desinfecção de 91,9%; e a segunda em combinação com solução de NaOCl, a qual alcançou um resultado muito próximo daquele alcançado por Kasic et al.²⁴, tendo uma redução bacteriana de 98,8%. E por fim, no estudo de 2018 de Wang et al.²⁷, houve a combinação do laser com a solução de NaOCl, novamente alcançando níveis de desinfecção de aproximadamente 100% e evidenciando mais uma vez a importância da combinação dos lasers a agentes químicos para alcançar uma eficaz desinfecção do sistema de canais radiculares.

Da mesma forma, o laser Diodo (em suas diversas variações de espectro) foi o segundo mais estudado^{10,16,17,23,26,27,29,31,33-35}. Nestes estudos foi demonstrado consistentemente a eficácia do laser de diodo na redução da carga bacteriana em canais radiculares infectado por *E. faecalis*. No estudo de Gutknecht et al.¹⁰, foi aplicado o laser de diodo (810nm) em dentina bovina de até 500 µm, e foi alcançada uma desinfecção de 74% nas camadas mais profundas da parede dentinária, demonstrando o poder bactericida do laser e sua capacidade de alcançar tais camadas. A combinação do laser de diodo com soluções irrigantes, como hipoclorito de sódio e ácido cítrico, também mostrou aumentar significativamente a capacidade de desinfecção, como observado em 2008 por Souza et al.¹⁶, que alcançaram 100% de desinfecção com o uso do laser (830nm – 3W) em conjunto com tais soluções. Também em 2008, Benedicenti et al.¹⁷ demonstraram o efeito sinérgico do laser de diodo (810nm) junto a solução de NaOCl e o ácido cítrico, em que alcançou uma taxa

de desinfecção de 100% dos canais infectados. No estudo de Bago et al.²³, foi destacado que a utilização do laser de diodo (975nm – 2W) isolada, foi consideravelmente menos efetiva do que em conjunto da solução de NaOCl. Além disso, o estudo de Schulte-Lunzum et al.²⁶ (2017), utilizando dentes bovinos, avaliou o efeito bactericida do laser de diodo (940nm) lançando mão de diferentes sistemas de irradiação, sendo eles RFT (disparo radial) e BFT (disparo direto); tendo o primeiro demonstrado ser superior ao segundo na supressão bacteriana; além disso, observou-se que ambos os sistemas não provocaram aumentos prejudiciais de temperatura, reforçando a segurança na utilização do laser diodo. Citando novamente o estudo de 2018 de Wang et al.²⁷, se tratando do laser diodo utilizado (980nm – 1,5W), resultados de redução bacteriana semelhantes ao laser Nd:YAG foram alcançados, e variaram numa taxa de 57-76% de desinfecção, sendo proporcional ao tempo em que foram irradiados sobre os canais infectados; dessa forma, comprovando seu efeito antimicrobiano, no entanto, ressaltando o ponto da efetividade reduzida dos lasers quando não combinados com soluções irrigadoras. Este ponto é novamente demonstrado no estudo de Hendi et al.²⁹, no qual foi utilizado o laser de diodo azul (445nm) aplicado sobre diferentes espessuras de dentina isoladamente e em conjunto a métodos convencionais de desinfecção; dessa forma, os resultados mostraram que isoladamente o laser não é tão efetivo quanto em conjunto com soluções irrigadoras; e também, foi observado que a redução bacteriana foi mais pronunciada nas fatias de menor espessura, assim ressaltando a importância do ajuste das configurações para otimizar os resultados. Já o estudo de Zhang et al.³¹, explorou a utilidade da luz azul antimicrobiana (aBL) emitida por um micro-LED implantável na desinfecção de canais radiculares infectados por diferentes cepas bacterianas, comparando-a com a utilização da pasta de hidróxido de cálcio; e foi demonstrado pelos resultados que o dispositivo de micro-LED foi mais eficaz do que a pasta na eliminação dos diversos microrganismos, incluindo a *E. faecalis*, além disso, a exposição contínua à aBL demonstrou ser biocompatível *in vitro*, ressaltando o potencial promissor dessa abordagem. Além disso, no estudo de 2022 de Maiti et al.³³, a eficiência do laser de diodo (908nm) foi comparada com o sistema Endovac na desinfecção de canais radiculares infectados por *E. faecalis*. Os resultados mostraram que o laser de diodo alcançou uma redução bacteriana de 90%, superando o sistema Endovac, que alcançou 65%. Isso destaca a eficácia do laser de diodo como uma opção efetiva para a desinfecção de canais radiculares. Também no ano de 2022, Mishra et al.³⁴,

compararam o laser de diodo em modo contínuo e em modo de pulsação com a solução de hipoclorito de sódio na desinfecção de canais radiculares, este estudo revelou que o laser de diodo em modo contínuo foi mais eficaz na redução bacteriana em comparação com a solução de hipoclorito de sódio e o laser em modo de pulsação. Isso destaca a importância de considerar as configurações específicas do laser para otimizar a eficácia do tratamento. E por fim, no estudo de Kodical et al.³⁵, a eficácia antimicrobiana da solução de NaOCl e do Aquatone Endodontic Cleanser (EC) com e sem ativação por laser de diodo (810nm) foi comparada. Os resultados indicaram que o Aquatone EC ativado por laser demonstrou uma eficácia semelhante à solução de NaOCl na redução bacteriana. Essa descoberta ressalta a viabilidade do Aquatone EC ativado por laser como uma alternativa eficaz e segura à solução de NaOCl para a desinfecção de canais radiculares. Em resumo, os estudos destacam a eficácia do laser de diodo em diferentes configurações e protocolos na desinfecção de canais radiculares. A combinação desse laser com outras técnicas e agentes químicos mostrou-se promissora para melhorar a eficácia do tratamento. No entanto, é fundamental considerar as especificidades de cada protocolo para garantir resultados ótimos e a segurança dos pacientes durante os procedimentos.

O laser Er,Cr:YSGG foi o mais utilizado^{12-15,20-22,24,27,29,30,32,36} nas pesquisas avaliadas. Os estudos foram realizados *in vitro* utilizando dentes humanos recém extraídos^{12-14,20-22,24,27,29,30,32}, *in vitro* utilizando um modelo de dentina¹⁵; e também, *in vivo*, em que foi utilizado para a desinfecção de canais radiculares de molares decíduos³⁶. Em 2006, Jha et al.¹² estudaram o laser Er,Cr:YSGG como uma ferramenta de instrumentação de canais infectados, no entanto, mesmo conseguindo algum resultado positivo em certos grupos, na grande maioria foi mostrado resultados positivos para recolonizações bacterianas, dessa forma, explicitando a inefetividade do laser para tal finalidade. Já o estudo de Eldeniz et al.¹³, avaliou o poder de desinfecção do laser em comparação com a irrigação de solução de NaOCl; seus resultados mostraram que apesar de ser eficaz na redução bacteriana, o laser não foi capaz de alcançar o nível de desinfecção da solução irrigadora; dessa forma, mostrando a viabilidade da utilização do laser para tal finalidade, no entanto, explicitando sua deficiência em alcançar completa esterilização quando utilizado isoladamente. Resultados estes foram corroborados pela pesquisa de 2010 de Yavari et al.²¹. Em seus estudos de 2007 e 2018, Wang et al.^{14,27}, compararam a efetividade do laser Er,Cr:YSGG com a de outros tipos de laser contra a *E. faecalis* em canais

infectados, e em ambos os casos utilizando a solução de NaOCl como controle; seus resultados demonstraram que, no primeiro caso¹⁴, os lasers – que foram utilizados isoladamente – apresentaram menor efetividade de supressão do que a solução de NaOCl, já no segundo caso²⁷, os lasers foram aplicados em combinação a irrigação com solução de NaOCl, assim, o laser Er,Cr:YSGG conseguiu superar tanto os resultados dos outros lasers, como os resultados da solução isolada; dessa forma, mostrando a enorme efetividade do laser quando combinado a agentes químicos. Estes resultados sendo confirmados na pesquisa do mesmo ano (2018) de Hendi et al.²⁹ e na pesquisa de 2021 de Merigo et al.³². No estudo de Gordon et al.¹⁵, foi avaliado o poder de desinfecção do laser aplicado isoladamente e analisando diferentes tempos de irradiação e níveis de potência; os resultados mostraram que os resultados foram proporcionalmente melhores na medida que se aumentava o tempo de irradiação e a potência do laser, superando até a desinfecção da solução de NaOCl – o que não foi alcançado pelos estudos anteriores que aplicaram o laser isoladamente – assim, mostrando a importância de conhecer os protocolos de aplicação adequados para se alcançar a redução bacteriana almejada. Já, Schoop et al.²⁰ destacaram os efeitos da irradiação do laser Er,Cr:YSGG em combinação com pontas de disparo radiais no tratamento endodôntico; e foi revelado uma redução significativa da população bacteriana, embora a erradicação completa não tenha sido alcançada para *E. coli* e *E. faecalis* em todas as condições testadas. No estudo de Cheng et al.²², em que diversos lasers foram comparados, incluindo o laser Er,Cr:YSGG; mostrou que nos protocolos utilizados o laser Er:YAG foi superior em termos de desinfecção ao Er,Cr:YSGG, assim, mostrando que alterações nos protocolos (tempos de irradiação, potência, etc.) podem mudar a eficácia do laser na supressão bacteriana. Isso sendo corroborado pela pesquisa de Kasic et al.²⁴, em que, nos protocolos utilizados, os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG obtiveram resultados de desinfecção semelhantes, tanto contra a *E. faecalis* quanto contra a *C. albicans*. Em 2019, Dumani et al.³⁰ avaliaram a eficácia do hipoclorito de cálcio em comparação ao hipoclorito de sódio, quando associados ao laser Er,Cr:YSGG, na redução bacteriana em canais infectados por *E. faecalis*, e mostrou que não há diferenças estatisticamente consideráveis entre as duas soluções, ambas alcançando altos níveis de desinfecção. Já em 2023, Chauhan et al.³⁶ apresentaram o único estudo *in vivo* avaliado por esta revisão de literatura; nele foi comparada a eficácia do hipoclorito de sódio, solução salina e irradiação assistida por laser Er,Cr:YSGG na desinfecção de canais radiculares de molares

decíduos; e seus resultados destacaram que ambos os protocolos mostraram eficácia, com a solução de NaOCl sendo mais eficaz contra bactérias aeróbicas e o laser Er,Cr:YSGG sendo mais eficaz contra bactérias anaeróbicas, enfatizando a importância de considerar as condições específicas do caso ao selecionar a abordagem terapêutica. Em resumo, pode-se notar a viabilidade da laserterapia através do laser Er,Cr:YSGG, no entanto, a eficácia de cada abordagem pode ser influenciada por vários fatores, incluindo o protocolo específico de tratamento, as características anatômicas dos canais radiculares e a presença de biofilmes.

Por fim, considerando todos os pontos ressaltados anteriormente, foi mostrada a viabilidade da utilização da laserterapia na desinfecção de canais radiculares, assim como, seu grande potencial de esterilização quando combinada com agentes químicos. Também, foi exposta a grande necessidade e a importância da realização de mais estudos, envolvendo todos os lasers citados, em contextos clínicos, para que essa efetividade aqui demonstrada, em sua grande maioria, em estudos *in vitro*, possa ser comprovada também em mais estudos *in vivo*, para que dessa forma, a eficácia na eliminação da *E. faecalis* possa ser alcançada, e consequentemente, ocorra grande elevação nos índices de sucesso clínico dos tratamentos endodônticos.

5 CONCLUSÃO

Devido ao que foi avaliado e considerando as limitações presentes nessa revisão, e considerando o contexto da infecção de canais radiculares pela *E. faecalis* pode-se concluir que:

- Nenhum dos lasers aplicados sobre os canais radiculares infectados mostrou um nível de desinfecção de 100%, quando não utilizados em conjunto a uma solução de NaOCl;
- Todos os lasers aplicados se mostraram eficazes como métodos auxiliares de desinfecção, possuindo um poder na redução bacteriana de até 100% quando empregado em complemento ao tratamento convencional;
- O laser que mostrou maior efeito antibacteriano dentre as pesquisas avaliadas foi o Er,Cr:YSGG, o qual demonstrou taxas de desinfecção de até 92%, sem estar auxiliando uma solução de NaOCl, e de 100% em conjunto a esta.

REFERÊNCIAS*

1. Guimarães NLSL, Otoch HM, Andrade LC, Ferreira CM, Rocha MMNP, Gomes FA. Microbiological evaluation of infected root canals and their correlation with pain. *Rsbo*. 2012; 9(1): 32-7.
2. Siqueira Junior JF, Rôças IN, Lopes HP, Alves FRF, Oliveira JCM, Armada L et al. Princípios biológicos do tratamento endodôntico de dentes com polpa necrosada e lesão perirradicular. *Rev Bras Odontol*. 2012; 69(1): 8-14.
3. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod*. 2006; 32(2): 93-8.
4. Zoletti GO, Siqueira Junior JF, Santos KRN. Identification of *Enterococcus faecalis* in root-filled teeth with or without periradicular lesions by culture-dependent and-independent approaches. *J Endod*. 2006 32(8): 722-6.
5. Duggan JM, Sedgley CM. Biofilm formation of oral and endodontic *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2007; 33(7): 815-8.
6. Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*. 1960; 187(4736): 493-4.
7. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971; 31(3): 416-20.
8. Weichman JA, Johnson FM, Nitta LK. Laser use in endodontics. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1972; 34(5): 828-30.
9. Asnaashari M, Safavi N. Disinfection of contaminated canals by different laser wavelengths, while performing root canal therapy. *J Lasers Med Sci*. 2013; 4(1): 8-16.
10. Gutknecht N, van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg*. 2000; 18(2): 57-60.
11. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med*. 2002; 30(5): 360-4.
12. Jha D, Guerrero A, Ngo T, Helfer A, Hasselgren G. Inability of laser and rotary instrumentation to eliminate root canal infection. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137(1): 67-70.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

13. Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int Endod J*. 2007; 40(2): 112-9.
14. Wang QQ, Zhang CF, Yin XZ. Evaluation of the bactericidal effect of Er,Cr:YSGG, and Nd:YAG lasers in experimentally infected root canals. *J Endod*. 2007; 33(7): 830-2.
15. Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, Rizoiu I et al. The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *J Am Dent Assoc*. 2007; 138(7): 992-1002.
16. de Souza EB, Cai S, Simionato MR, Lage-Marques JL. High-power diode laser in the disinfection in depth of the root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008; 106(1): e68-e72.
17. Benedicenti S, Cassanelli C, Signore A, Ravera G, Angiero F. Decontamination of root canals with the gallium-aluminum-arsenide laser: an in vitro study. *Photomed Laser Surg*. 2008; 26(4): 367-70.
18. Noiri Y, Katsumoto T, Azakami H, Ebisu S. Effects of Er:YAG laser irradiation on biofilm-forming bacteria associated with endodontic pathogens in vitro. *J Endod*. 2008; 34(7): 826-9.
19. Kuştarci A, Sümer Z, Altunbaş D, Koşum S. Bactericidal effect of KTP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with gaseous ozone: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 107(5): e73-9.
20. Schoop U, Barylyak A, Goharkhay K, Beer F, Wernisch J, Georgopoulos A et al. The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci*. 2009; 24(1): 59-65..
21. Yavari HR, Rahimi S, Shahi S, Lotfi M, Barhaghi MH, Fatemi A et al. Effect of Er, Cr: YSGG laser irradiation on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *Photomed Laser Surg*. 2010; 28 Suppl 1: S91-6.
22. Cheng X, Guan S, Lu H, Zhao C, Chen X, Li N et al. Evaluation of the bactericidal effect of Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG laser radiation, and antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) in experimentally infected root canals. *Lasers Surg Med*. 2012; 44(10): 824-31.
23. Bago I, Plečko V, Gabrić Pandurić D, Schauerl Z, Baraba A, Anić I. Antimicrobial efficacy of high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional, and ultrasound-activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J*. 2013; 46(4): 339-47.
24. Kasić S, Knezović M, Beader N, Gabrić D, Malčić AI, Baraba A. Efficacy of three different lasers on eradication of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* biofilms in root canal system. *Photomed Laser Surg*. 2017; 35(7): 372-7.

25. Cheng X, Xiang D, He W, Qiu J, Han B, Yu Q et al. Bactericidal effect of Er:YAG laser-activated sodium hypochlorite irrigation against biofilms of *Enterococcus faecalis* isolate from canal of root-filled teeth with periapical lesions. *Photomed Laser Surg.* 2017; 35(7): 386-92
26. Schulte-Lünzum R, Gutknecht N, Conrads G, Franzen R. The impact of a 940 nm diode laser with radial firing tip and bare end fiber tip on *Enterococcus faecalis* in the root canal wall dentin of bovine teeth: an in vitro study. *Photomed Laser Surg.* 2017; 35(7): 357-63.
27. Wang X, Cheng X, Liu X, Wang Z, Wang J, Guo C et al. Bactericidal effect of various laser irradiation systems on *Enterococcus faecalis* biofilms in dentinal tubules: a confocal laser scanning microscopy study. *Photomed Laser Surg.* 2018; 36(9): 472-9.
28. Liu T, Huang Z, Ju Y, Tang X. Bactericidal efficacy of three parameters of Nd:YAP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation. *Lasers Med Sci.* 2019; 34(2): 359-66.
29. Hendi SS, Ahmadyani E, Alikhani MY, Farhadian M, Mirzaei A. Antibacterial effects of the novel blue laser and erbium chromium laser on *Enterococcus faecalis* in root canal dentin with different thicknesses. *Int J Dent.* 2022; 2022: 6119464.
30. Dumani A, Tanrisever D, Sihay D, Kuzu SB, Yilmaz S, Guvenmez HK. Efficacy of calcium hypochlorite with and without Er,Cr: Yttrium, scandium, gallium, garnet laser activation on *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *Niger J Clin Pract.* 2019; 22(2): 215-20.
31. Zhang L, Li Y, Zhang Q, Du N, Li X, Zhang Q et al. Antimicrobial activity of an implantable wireless blue light-emitting diode against root canal biofilm in vitro. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020; 38(11): 694-702.
32. Merigo E, Bufflier P, Rocca JP, Chevalier M, Medioni E, Meng Z et al. Bactericidal effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on endodontic biofilm: an ex vivo study. *J Photochem Photobiol B.* 2021; 218: 112185.
33. Maiti N, Benedicenti S, Henna, Ambesh S, Gudapati S, Mustafa M et al. Assessment of efficiency of diode laser in root canal disinfection: an original research. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022; 14(Suppl 1): S248-50.
34. Mishra A, Koul M, Abdullah A, Khan N, Dhawan P, Bhat A. Comparative evaluation of antimicrobial efficacy of diode laser (continuous mode), diode laser (pulse mode), and 5.25% of sodium hypochlorite in disinfection of root canal: a short study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022; 15(5): 579-83.
35. Kodical S, Attiguppe P, Siddalingappa RO, Mata DB. Laser activation of aquatone endodontic cleanser: a novel approach to root canal disinfection. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022; 15(6): 761-3.

36. Chauhan N, Kumar G, Goswami M, Johar S, Sharma A. Antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite, saline, and Er,Cr:YSGG laser-assisted disinfection in root canal treatment of primary molars: an in vivo study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2023; 41(1): 70-5.