

# **MANUAL CLÍNICO DO TW CYAN**

**– LASER DE DIODO CIRÚRGICO AZUL –**



**Profa. Dra. Rosane de Fátima Zanirato Lizarelli**  
**Consultora Científica**

**São Carlos**  
**- 2025 -**



**Autora: Profa. Dra. Rosane de Fátima Zanirato Lizarelli**

- Graduada em Odontologia pela Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP/USP) – 1990;
- Especialista em Dentística Restauradora e Estética pela FORP/USP – 1993;
- Mestre e Doutora em Ciências pelo IFSC/IQSC/EESC da Universidade de São Paulo – 2000;
- Pós-Doutora em Biofotônica pelo IFSC/USP (2002) e em Morfologia pela FORP/USP (2017);
- Esteticista Corporal e Facial pelo IBECO (2011);
- Membro da Câmara Técnica de Laserterapia do Conselho Regional de Odontologia de São Paulo;
- Diretora Científica da ABLOS (Associação Brasileira de Laser em Odontologia e Saúde);
- Pesquisadora do Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica (CEPOF) do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da Universidade de São Paulo (USP);
- Gestora e Docente da FACOP (Faculdade do Oeste Paulista) – Unidade Avançada de Pós-Graduação em Ribeirão Preto, SP;
- Professora-Convivada em Cursos de Pós-Graduação em HOF e em Habilitação em Laserterapia; e,
- Clínica em Biofotônica na Odontologia Orofacial no NILO (Núcleo Integrado de Laser em Odontologia), em Ribeirão Preto, SP.

**WhatsApp:** (16) 9 8820-6448

**E-mail:** [lizarelli@hotmail.com](mailto:lizarelli@hotmail.com)

**Instagram:** @rosanelizarelli ; @facoprp

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/2731667756261108>

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>4</b>
<b>2. O Equipamento TW CYAN (MMO).....</b>	<b>5</b>
<b>3. Mecanismo de Ação .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Biossegurança .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Consentimento livre e esclarecido para uso da Biofotônica.....</b>	<b>13</b>
<b>6. Indicações e Protocolos Clínicos.....</b>	<b>15</b>
<b>7. Considerações finais .....</b>	<b>19</b>
<b>8. Referências bibliográficas.....</b>	<b>20</b>

MMO

## 1. Introdução

Primeiramente, é preciso classificar os sistemas lasers quanto ao nível de excitabilidade que poderá estar causando no tecido-alvo biológico. Uma vez o laser absorvido pelo tecido, ele poderá atuar em nível molecular, excitando elétrons ou partes da molécula, promovendo movimento das cargas nessa molécula. Se essa excitabilidade for relativamente pequena, ou seja, se se tratar de um laser de baixa intensidade poderá ocorrer uma bioestimulação ou bioinibição para as reações químicas e fisiológicas naturais desse tecido; contudo, se se tratar de uma fonte de luz em alta intensidade (laser cirúrgico, luz intensa pulsada ou radiofrequência), a energia depositada nesse tecido-alvo será tão grande a ponto de romper ligações químicas dessas moléculas ou mesmo remover elétrons, resultando no rompimento desse tecido. Essa é a diferença básica entre fontes de luz que operem em baixa intensidade, regulando as funções fisiológicas celulares, e fontes de luz operando em alta intensidade, que podem romper ou modificar permanentemente o tecido através da fototermólise seletiva e/ou fotoablação, destruindo tecido biológico através de corte, ablação, coagulação e vaporização do mesmo, ou ainda, induzindo a sua destruição.

O laser de alta potência ou cirúrgico promove fotoablação ou laser-cirurgia. Dependendo dos parâmetros escolhidos, poderá gerar uma subablação (modo não-ablativo), resultando numa mudança estrutural em nível molecular; ou, gerar destruição tecidual, desde uma desnaturação protéica até a vaporização tecidual completa.

Este manual apresenta o novo TW CYAN da MMOptics. Um laser de diodo de alta potência, que emite no comprimento de onda azul e permite ao clínico Cirurgião-Dentista realizar procedimentos seguros, ultra-conservadores e minimamente invasivos.



## 2. O Equipamento TW CYAN (MMO)

O equipamento de laser cirúrgico TW CYAN da MMOptics (Fig. 1), apresenta ao cirurgião-dentista clínico, uma opção de instrumento inteligente para diferentes abordagens diárias. É fato que, um laser cirúrgico de diodo tem várias indicações dentro da Odontologia, mas é sempre importante lembrar que todas as vezes que for utilizado, poderá resultar em redução microbiana e atuação ultra-conservadora nos tecidos biológicos.

O laser de alta potência TW CYAN é um laser de estado sólido, cujo meio ativo é um diodo semiconductor que emite no comprimento de onda de 455nm, ou seja, emite no azul. Esse comprimento de onda tem como cromóforos de absorção: hemoglobina, oxihemoglobina e melanina. É considerado o comprimento de onda de menor penetrabilidade no tecido biológico, ou seja, muito seguro e delicado.

O TW CYAN possui potência máxima de emissão em 4.0 “watts” [W]. Poderá entregar sua energia tanto no modo contínuo (CW) quanto no modo pulsado (PW), oferecendo muitas possibilidades de parametrizações. Além disso, apresenta um dispositivo que, quando acoplado na ponta ativa da caneta, permite a entrega do laser infravermelho em baixa intensidade, realizando a fotobiomodulação (FBM).

Um dos benefícios da maioria desses lasers de alta potência é a possibilidade no uso do sistema de entrega através de fibras ópticas, ou seja, uma forma muito delicada e, ao mesmo tempo, precisa para entrega da luz em locais de pequenas dimensões. Isso muito interessa ao cirurgião-dentista, uma vez que a cavidade oral necessita de instrumentos de pequenas dimensões, precisos, que possam ser descartáveis (fibra óptica de vidro pode ser clivada e descartada – extremidade utilizada) e, que permitam uso em acessos muito difíceis (terço apical do conduto radicular, por exemplo). Nessa nova versão, uma cartela maior de opções estará presente para o profissional escolher: diâmetros de 200 a 800 micrometros (mm).



Figura 1 – Equipamento de laser azul 445nm (TW Cyan, MMOptics, São Carlos, SP, Brasil) (a) e seus acessórios (b) (Imagens cedidas pela empresa MMOptics Ltda).

### 3. Mecanismo de Ação

Quanto menor o comprimento de onda de um laser, maior será a sua energia por fóton que ele é capaz de emitir. A relação entre a energia do fóton emitido e o comprimento de onda dessa luz, é conhecida como a relação de Planck-Einstein, que é uma fórmula da mecânica quântica que estabelece que a energia de um fóton é proporcional à sua frequência<sup>16</sup>. Então quando o tecido-alvo é capaz de absorver essa energia fotônica, alguns processos biológicos poderão acontecer na dependência da dose de luz depositada. Vale salientar que muitas moléculas que não são pigmentadas, irão absorver mais no azul, por conta dessa energia mais alta, e desta forma valorizando mais os mecanismos de fototerapia reabilitadora e mesmo cirúrgica.

Em primeiro lugar é preciso indicar os cromóforos ou moléculas que absorvem no comprimento de onda em de 445nm, mais precisamente entre 400 e 500 nanômetros. Nessa faixa espectral, os principais fotoceptores ou cromóforos são hemoglobina e melanina, mas também podemos considerar flavoproteínas, opsinas, porfirinas, citocromo c-oxidase, e com menor intensidade a riboflavina e a bilirrubina.

Então, dependendo da dose depositada, e é exatamente esse o tópico mais importante, três mecanismos diferentes poderão acontecer: Fotobiomodulação, Efeito Fotoquímico ou Efeito Fototérmico. Quando a dose for baixa, a energia fotônica promoverá um aumento de radicais livres dentro das células, isto gera o estresse necessário para poder tanto melhorar o metabolismo, auxiliando na cicatrização e controle anti-inflamatório, sinalizando o núcleo celular, gerando o efeito de fotobiomodulação, quanto inibir o metabolismo pelo excesso desses radicais livres (a fotobiomodulação trata, exatamente dessa modulação fisiológica). Quando a dose for moderada, o mecanismo será semelhante, entretanto a quantidade de radicais livres formados será bastante alta, capaz de não somente inibir o metabolismo, mas também permitirá reações químicas de quebra de ligações e reticulações, gerando um efeito fotoquímico de degradação do tecido-alvo (efeito fotoquímico). Finalmente, quando a dose for alta, como na laser-cirurgia, então a energia fotônica depositada será toda transformada em calor, levando a vaporização as células em torno, gerando o efeito fototérmico.

Lembrando que quase todo processo biológico é termo-ativado, a eficiente e precisa geração de calor, não excessiva, valoriza efeitos desejados para melhoria de certas reações. Esses mecanismos não necessariamente ocorrem de forma independente, muito pelo contrário, dependendo do modo de entrega dessa luz, focalizada ou não, e da região irradiada em relação ao perfil do feixe de luz, então podemos considerar diferentes eventos de interação luz-tecido biológico. Dessa forma, é possível afirmar que sempre teremos um melhor aproveitamento da energia fotônica entregue quando o comprimento de onda for de 445nm, cada porção resultando numa transformação de toda essa energia nas diferentes reações: luz em calor (fototérmico), luz em aceleração em reações químicas fisiológicas (fotoquímica) e luz em modulação fisiológica (fotobiomodulação).

Então, podemos afirmar que o Laser Azul apresenta um Alto Rendimento Quântico, ou seja, toda sua energia é aproveitada no processo de interação com o tecido biológico ou biomateriais, uma vez que sendo bem absorvido por ter cromóforos presentes ou porque tem muita energia por fóton, resultará na transformação da sua energia fotônica em térmica e em química.

O laser de 445nm pode ser utilizado em uma variedade de procedimentos odontológicos, desde tratamentos de tecidos moles até a remoção de cáries. É altamente eficaz no tratamento de tecidos moles, como gengivas e mucosas. Já existem trabalhos de pesquisa embasando aplicações nesses tecidos, tais como:

- Gengivectomias/Gengivoplastias: remoção de tecido gengival excessivo de forma precisa e sem sangramento;

- Frenecto/Bridecto/Ulo/Ulectomias: correção de freios/bridadas labiais ou linguais, e tecido gengival fibrosado com mínima dor e desconforto;
- Cirurgias periodontais: tratamento de doenças periodontais com menos trauma e uma recuperação mais rápida;
- Descontaminação Periodontal: promove redução microbiológica isoladamente ou associado a um ativo químico e previne a nova formação de biofilme;

Essas indicações, para atuar nos tecidos moles orais, permitem uma expansão de protocolos, com segurança, ou seja, poderíamos também sugerir o uso do laser azul em alta intensidade para: afastamento gengival previamente a moldagens protéticas; biopsias<sup>24</sup>; capeamento pulpar; curetagem de lesões infectadas (tais como herpes simples labial, úlceras aftosas recorrente); despigmentação gengival, labial e tissular; incisões em mucosa e pele e divulsão de tecido conjuntivo; fotocoagulação de hemangiomas e de telangectasias, hemostasia; reabertura gengival para estágio 2 de implantes; vaporização de lesões exofíticas em mucosa e em pele; e, retração tissular (pele flácida).

Entretanto, considerando suas características de interação óptica com os tecidos biológicos, também poderá ser empregado em tecidos duros dentais, esmalte, dentina e cimento, segundo alguns outros trabalhos de pesquisa, a saber:

- Coadjuvante na remineralização de esmalte: o laser azul 445nm tem um papel coadjuvante ao verniz e/ou gel fluoretado na remineralização do esmalte, ou seja, essa combinação supera a aplicação isolada tanto do laser azul quanto do verniz/gel fluoretado, demonstrando uma sinergia muito conveniente para os procedimentos preventivos e curativos;
- Descontaminação de condutos radiculares – endodontia: Desinfecção adicional do canal radicular pode, portanto, ser alcançada com irradiação a laser de 445nm após desinfecção química convencional com solução de hipoclorito de sódio, sendo, inclusive, mais eficiente que o laser de diodo no infravermelho próximo de 970nm;
- Descontaminação de preparos cavitários (toailete da cavidade): devido sua alta energia por fóton, esse comprimento de onda é capaz de levar a morte os microrganismos, sendo interessante tanto para descontaminar preparos cavitários quanto para vaporizar lesões cariosas;
- Limpeza de sulcos e fissuras: uma vez que alguns trabalhos demonstram sua capacidade de descontaminar esmalte e dentina, e considerando que moléculas coradas são cromóforos para esse comprimento de onda de 445nm, sulcos escurecidos podem estar bem indicados para serem tratados com o laser azul. Apesar de não haver um estudo específico ainda sobre os efeitos do laser de diodo azul 445nm em esmalte, um estudo de Palamara J et al. (1992) empregando outro laser que emite no espectro eletromagnético azul, laser de argônio, mostrou que as mudanças na camada superficial foram de recristalização e ao crescimento de grãos de cristais novos ou preexistentes, embora a possibilidade de sinterização dos cristais de esmalte originais não pudesse ser descartada.

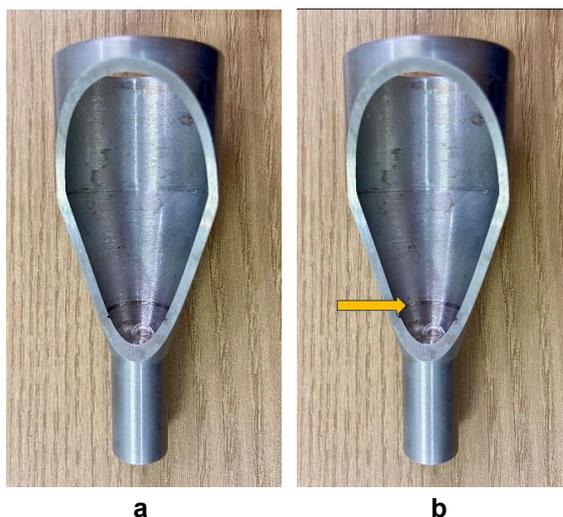
Ainda podemos ir além, afinal com a dosimetria adequada, será possível promover uma modulação de reações fisiológicas (Fotobiomodulação) e uma aceleração e/ou Fotoativação de biomateriais comumente empregados nos protocolos odontológicos orofaciais. Assim, é possível fazer uso desse laser cirúrgico desfocalizado, operando doses em baixa intensidade (efeito de fotobiomodulação), bem como em intensidade moderada (efeito fotoquímico). Nesse modo de operação, outras indicações clínicas poderão ser associadas:

- Fotobiomodulação para cicatrização: Opsinas são expressas na epiderme e derme da pele humana e na epiderme recém-regenerada após ferimento. Um aumento na expressão de OPN3 na

língua epitelial pode ser um mecanismo potencial para a estimulação do fechamento da ferida pela luz azul. O mais importante é entender que dependendo da dose de luz azul, o resultado poderá ser de estímulo ao metabolismo ou de inibição; segundo Prado TP et al. (2023), uma baixa densidade de energia ( $<20 \text{ J/cm}^2$ ) foi capaz de estimular os diferentes tipos de células e proteínas envolvidas na cicatrização, enquanto uma alta densidade de energia,  $20,6\text{-}50 \text{ J/cm}^2$ , reduziu significativamente a proliferação, migração e metabolismo celular.

- Foto-hidratação tissular: Devido sua capacidade em acelerar o metabolismo, e aumentar fluxo sanguíneo, a reestruturação da barreira cutânea e, conseqüentemente, a prevenção do aumento na perda de água transepidermal foi registrada, conferindo, em prazo médio, uma hidratação tissular, mas em doses moderadas, poderá promover um estímulo nas proteínas de membrana dos queratinócitos permitindo o trânsito de moléculas de água, então hidratando a matriz extracelular.
- Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana: empregando um ativo fotossensibilizador a base de curcumina, ácido aminolevulínico (ALA) ou riboflavina, parece ser bem assertivo a fotoativação com o laser azul  $445\text{nm}$ , acelerando e otimizando a ação antimicrobiana sinérgica do ativo e da luz, ou seja, doses moderadas a partir de  $10\text{J}$  deverão ser empregadas para garantir a indução a apoptose dos microrganismos presentes na região tratada.
- Fotoclareamento dental: empregando parâmetros dosimétricos seguros, também para o fotoclareamento dental, ativando um biomaterial a base de peróxido de hidrogênio, o laser azul  $445\text{nm}$  pode ser eficiente e seguro, como já era feito com os lasers de argônio que iniciaram, historicamente, os clareamentos dentais foto ativados na década de 90.

Um dos acessórios interessantes desse novo TW Cyan é o “Espaçador para Fotobiomodulação” (FBM) (Fig. 2). Esse dispositivo é rosqueado na extremidade da caneta aplicadora e tem uma marcação onde a ponta ativa da fibra óptica deverá ser alinhada. Dessa forma, o feixe de luz laser que será emitido por essa fibra óptica, ficará distante do tecido biológico-alvo, isso vai garantir que a densidade de energia e a densidade de potência seja “diluída” na nova área de irradiação que corresponderá a área da ponta de aplicação desse dispositivo, sendo de  $4,9 \text{ cm}^2$ . A extremidade ativa da fibra óptica deverá ser fixada na altura da linha marcada nas paredes internas do dispositivo (Fig. 4b) Então, ao escolher, por exemplo, a potência pico de  $500\text{mW}$  no “display” do equipamento com uma fibra óptica de  $800 \mu\text{m}$  de diâmetro (área de seção transversal da fibra =  $0,005\text{cm}^2$ ) empregando esse dispositivo para FBM, a irradiância entregue não será de  $100\text{W/cm}^2$  ( $500\text{mW}$  dividido por  $0,005\text{cm}^2$ ), mas sim será de  $0,1\text{W/cm}^2$  ( $500\text{mW}$  divididos por  $4,9\text{cm}^2$ ).

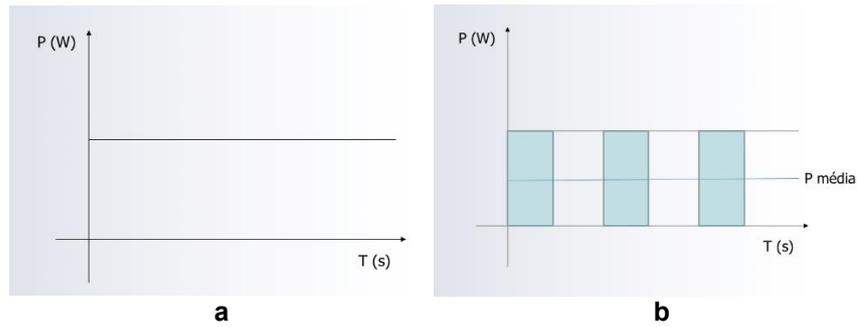


**Figura 2 – Acessório Espaçador para permitir a entrega da energia em baixa intensidade (Arquivo pessoal).**

Quando o equipamento permitir o modo de operação chaveado e/ou pulsado, então outros parâmetros poderão alterar a forma de transferência da energia fotônica ao tecido ou material-alvo.

Vamos entender o que significa esses modos de operação. As fontes de luz podem ser entregues no tecido em diferentes modos de operação, tais como: contínuo (CW, “continuous wave”) ou pulsado (PW, “pulsed wave”). São diferentes formas que podem influenciar na capacidade de relaxação térmica do tecido, bem como na profundidade que essa luz depositada poderá atingir o alvo (Fig. 5). Ou seja, quando o laser opera no modo contínuo (CW), a energia em forma de luz é depositada continuamente, não permitindo tempo de “descanso” sem aquecer o tecido-alvo, para que esse tecido-alvo “resfrie” (relaxe termicamente). Por outro lado, quando o laser é depositado no modo pulsado (PW), cada pulso entregue aquece o tecido-alvo, e, o tempo entre os pulsos, permite a relaxação térmica ou resfriamento do tecido-alvo. Então, quando o tecido-alvo (Ex: tecido gengival) permita maior aquecimento, o modo CW poderá ser utilizado; quando o tecido-alvo não puder ser tão aquecido (Ex: tecido pulpar e/ou tecido duro dental), então o PW será o de escolha.

Existe ainda a possibilidade, nos lasers que operam no PW, em controlar qual a porcentagem da potência total entregue por pulso. Dessa forma, por exemplo, quando a potência pico é 100mW e escolhemos um “duty cycle” (ciclo de operação) ou porcentagem de 50%, a potência entregue seria, na verdade, de 50mW; e se fosse 20%, seria de 20mW. No caso dos lasers operando no modo chaveado, quando colocasse 50%, entregaria 50mW em cada pulso ou 20mW por pulso, no caso de 20%.



**Figura 3 – Modos de operação de fontes de luz: contínuo (CW) (a) ou chaveado/pulsado (PW) (b) (LIZARELLI, 2018).**

O diâmetro da fibra é outro parâmetro a ser considerado, pois, geralmente, um laser cirúrgico apresenta, ao operador, diferentes diâmetros para melhor atender as demandas clínicas (Ex: 400 micrometros). No cálculo de dose haverá alteração:  $D = E_{pp} / A_{fibra}$ ;  $E_{pp} = P_{média} \times LargPulso \times TR$ ;  $I = D / TR$ . ATENÇÃO: laser de diodo, CW ou chaveado apresenta grande efeito fototérmico, portanto não está indicado para irradiação de tecido ósseo.

#### 4. Biossegurança

Nas atividades odontológicas, é de extrema importância a conscientização dos riscos no que se refere a Biossegurança. A biossegurança é um termo que está relacionado aos cuidados que se deve ter para evitar e/ou diminuir a possibilidade de infecções as contaminações com produtos tóxicos, a ocorrência de doenças profissionais e a ocorrência de acidentes, além de minimizar as possibilidades de intercorrências.

Mesmo em uso nos consultórios e clínicas odontológicas há mais de 30 anos, no Brasil, ainda não existem regras de segurança ou mesmo órgãos governamentais capazes de controlar e orientar esse tipo de modalidade terapêutica: o uso de fontes de luz nas regiões orofaciais. O que temos, até o presente momento, é a resolução de 2008, do Conselho Federal de Odontologia, para que os Cirurgiões-Dentistas se Habilitem, através de um Curso de Terapias Complementares - Laserterapia, tendo, então, ao menos a base para utilização das fontes de luz Laser e LED em seus atendimentos a pacientes. Porém, com a rápida evolução das opções terapêuticas, tanto em equipamentos quanto em protocolos e as combinações com outras terapias, é muito importante, e isso consta nas Leis Federais que regem os Direitos e Obrigações dos Cirurgiões-Dentistas, que todos se mantenham atualizados frequentando cursos de pós-graduação, e assim oferecer sempre o que houver de melhor e avançado em termos de tratamentos.

Dessa forma, a biossegurança para utilização dos sistemas fotônicos (equipamentos a base de fontes de luz) em Odontologia torna-se alvo de discussão muito atual. É preciso, inicialmente, entender a luz como um fenômeno com características especiais e depois a interação dessa luz com os tecidos biológicos. Diante disso, os conhecimentos dos possíveis riscos durante a irradiação e dos níveis de cuidados existentes são requisitos essenciais para todos os profissionais que utilizam esse agente terapêutico.

A proteção pessoal, isto é, das pessoas envolvidas no uso do laser, consiste basicamente no uso dos óculos de proteção que atenuam o feixe a que se submetem. As pessoas que estão, frequentemente, expostas ao risco da irradiação laser ou aqueles que sofrem uma exposição excessiva, devem ser submetidas regularmente a uma supervisão médica oftalmológica, com a finalidade de que se detecte qualquer dano ocular que possa ter ocorrido. Esta preocupação com a visão é proveniente do fato de que os mais graves acidentes sejam aqueles ocorridos com os olhos, pois a radiação atinge a retina após sofrer uma amplificação de um fator 100.000 vezes. Além disso, o risco ocular está presente em praticamente todos os tipos de lasers (MAILLET, 1987).

##### Algumas precauções devem ser tomadas para garantir a segurança dos equipamentos:

- quando desligado, aconselha-se manter o equipamento dentro de um armário ou mantido em local estável de acesso restrito;
- alguns equipamentos apresentam a chave-de-segurança e/ou “interlock” que deve ser conectada apenas quando da utilização deles;
- botão de emergência destravado; e,
- deve ser feita a revisão do equipamento semestralmente por técnicos autorizados com emissão de laudo documentado.

## Com relação ao procedimento:

- utilizar óculos de proteção – paciente, operador e auxiliar;
- sendo um laser de efeito fototérmico, manter o resfriamento do campo operatório utilizando, sempre, o sugador de alta potência e jato de ar da seringa tríplice;
- quando o alvo for o elemento dental, utilizar isolamento relativo (a presença de umidade prejudica o acoplamento desse laser 445nm com o tecido-alvo) ou, sendo possível, o isolamento absoluto (utilizando apenas amarra com fio dental ou grampo metálico jateado, para diminuir presença de materiais refletivos);
- escolher os menores parâmetros de irradiação indicados, para cada caso, e observar a resposta do tecido, sendo necessário, aumentar os parâmetros;
- a ponta ativa da fibra óptica de vidro deverá ser ativada (de preferência no lado vermelho do carbono de registro oclusal) se for a indicação (ativada = “hot tip” depositará calor no tecido-alvo além da luz, do contrário utilizá-la como “cold tip”, sem ativação prévia);
- clivar a fibra da forma correta para garantir a entrega plena do laser no tecido-alvo;
- promover a manipulação especial das fibras ópticas (a seguir).

## Com relação aos cuidados com as fibras ópticas:

- a fibra óptica, quando desconectada do equipamento, deve ser mantida armazenada na embalagem de fábrica, sem gerar grandes tensões ao longo da sua extensão, garantindo sua integridade, além disso, sua extremidade conectora deve permanecer coberta pelo protetor;
- as fibras menores de 200 e 300  $\mu\text{m}$  deverão ser escolhidas para as reais indicações, ou seja, onde haja necessidade de entregar a luz infravermelha de alta potência em espaços intraorais de difícil acesso e mais delicados;
- as fibras acessórias do equipamento TW Cyan (MMO) deverão ser utilizadas apenas nas canetas metálicas do equipamento TW Cyan;
- as fibras deverão ser decapadas com muita delicadeza com o decapador;
- quanto a higienização e descontaminação, as fibras deverão ser higienizadas e descontaminadas antes e após o seu uso utilizando ácido peracético, concentração de 300-700mg/l, com tempo de imersão de 10 a 15 minutos, como recomendado no manual do equipamento TW Cyan. Lembrando que a caneta metálica pode e deve ser autoclavada a cada paciente, inclusive para a primeira utilização. O emprego da luz ultravioleta C (Surface, MMO) poderá ser implementada em casos especiais; e,
- o operador deverá fazer um treinamento prévio, in vitro, específico no uso do acessório acoplado ao equipamento.

## **5. Consentimento livre e esclarecido para uso da Biofotônica**

É sempre importantíssimo que, todos os pacientes, preencham uma Autorização POR ESCRITO, para receber a Biofotônica Orofacial. Trata-se de um documento que deverá ser guardado junto às outras fichas clínicas do paciente, pois nele, o paciente assina que se tornou ciente dos riscos, benefício, alternativas e possíveis resultados, e ainda, nos concede o direito de documentar com fotografias e radiografias digitais todos os procedimentos, que, poderão, sendo o CD profissional acadêmico ou não, também, serem utilizadas para motivos didáticos e profissionais. Se o paciente requisitar, poderá ter uma cópia do documento.



## AUTORIZAÇÃO PARA RECEBER O TRATAMENTO COM LASER CIRÚRGICO EM ODONTOLOGIA

Nome: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_  
 CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ Brasil.  
 Tel/Cel: \_\_\_\_\_ Indicação: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Raça: \_\_\_\_\_ Profissão: \_\_\_\_\_  
 RG: \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_ Indicação: \_\_\_\_\_  
 Diagnóstico clínico: \_\_\_\_\_  
 Queixa: \_\_\_\_\_

### Tipo de fontes de luz a ser utilizada:

Lasers de Alta Intensidade: ( ) Diodo ( ) Outros \_\_\_\_\_

### Laser-Cirurgia em Odontologia

- Lasers Cirúrgicos permitem a remoção ou modificação de tecidos doentes, envelhecidos ou contaminados, de forma ultra-conservadora e seletiva. Pode ser utilizado com o objetivo de prevenção ou de tratamento curativo, em tecidos moles (gengiva, polpa dental, lábios e pele), em tecidos duros (esmalte, dentina e cimento-raiz) e também em biomateriais (resina composta e agente clareador).

**Riscos:** Se todas as normas de segurança para aplicação dessas fontes de luz forem corretamente respeitadas, não existe nenhum risco ao paciente, operador e equipe, durante e após o procedimento clínico.

**Benefícios:** Permite um tratamento menos agressivo, mais eficiente e ultra-conservador, podendo ter efeitos locais e/ou sistêmicos em busca de restabelecer o equilíbrio metabólico do paciente.

**Alternativas:** O tratamento odontológico convencional adequado para cada caso.

Eu, \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_, CPF: \_\_\_\_\_, concordo em receber essa terapia com luz Laser Cirúrgico em alta potência. Eu tive a oportunidade de questionar o(a) operador(a) sobre os riscos, benefícios e alternativas para o meu tratamento. Eu também tive a oportunidade de questionar sobre as atuais pesquisas e sobre a importância desse procedimento.

Não me foram feitas promessas ou garantias em relação aos procedimentos em obter resultados miraculosos, existem hipóteses e resultados clínicos e experimentais que têm sido satisfatórios.

Eu dou a permissão para que o meu tratamento seja documentado com fotografias e radiografias com finalidade didática e profissional. Eu dou a permissão para receber a aplicação com Laser Cirúrgico (de Alta Potência) no meu tratamento odontológico.

\_\_\_\_\_  
(assinatura)

\_\_\_\_\_  
(assinatura)

Paciente: \_\_\_\_\_  
(nome legível)

Cirurgião-Dentista: \_\_\_\_\_  
(nome legível)

\_\_\_\_\_  
(assinatura)

\_\_\_\_\_  
(assinatura)

Resp. Legal: \_\_\_\_\_

Testemunha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(nome legível)

\_\_\_\_\_  
(nome legível)

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_  
(cidade) (dia) (mês) (ano)

## 6. Indicações e Protocolos Clínicos

O laser cirúrgico de diodo de alta potência emitindo no comprimento de onda de 445nm está muito bem indicado para os procedimentos odontológicos, sejam eles preventivos ou curativos, em tecidos moles, duros ou, ainda, em biomateriais.

A prescrição de antibioticoterapia, assim como dos analgésicos e anti-inflamatórios pós-operatórios, é de escolha e de responsabilidade do profissional cirurgião-dentista. A energia em alta potência sempre poderá reduzir, significativamente a contaminação presente no ato cirúrgico (microrganismos) da região tratada, assim como a energia das bordas do feixe; ainda, a fotobiomodulação realizada com o dispositivo acessório poderá amenizar a sensibilidade dolorosa pós-operatória e acelerar a cicatrização, porém cada paciente deverá ter seu perfil avaliado e o profissional deverá sempre adaptar as sugestões desse manual para um atendimento personalizado e individualizado.

O laser de diodo de alta potência está muito bem indicado para vaporizar os tecidos moles orofaciais, não apenas por ser, altamente, seletivo para tecidos ricos em hemoglobina e melanina, mas também por promover uma remoção ultra-conservadora do tecido-alvo, descontaminar o tecido remanescente e tratar, superficialmente, esse tecido protegendo-o do meio externo.

Para todas as sessões de atendimento, é muito importante seguir as orientações para que o cirurgião-dentista esteja embasado e bem documentado:

- 1 – Ficha clínica preenchida e assinada pelo paciente;
- 2 – Exame clínico realizado – utilizar os exames auxiliares necessários (radiografias, imagens por fluorescência, exames bioquímicos de sangue e de saliva, por exemplo);
- 3 – Diagnóstico realizado e Plano de tratamento, inicial (até 6 sessões), traçado;
- 4 – Consentimento Livre e Esclarecido preenchido e assinado pelo paciente, profissional e testemunhas;
- 5 – Higienização das regiões a serem irradiadas;
- 6 – Equipamento pronto para ser utilizado;
- 7 – Regras de biossegurança-laser realizadas (óculos de proteção no paciente, profissional e auxiliar).

Realizada as essas sete etapas, então o profissional poderá escolher o protocolo pré-definido que acompanha o equipamento. Alerto que nesses protocolos, coloquei o parâmetro mais baixo necessário, ou seja, poderá existir a necessidade de adaptar potência e modo de operação para alguns pacientes, caso isso seja necessário, a opção no equipamento não será mais em “Protocolos Pré-Definidos”, mas sim em “Modo Contínuo/Pulsado”. Caso seja algum novo protocolo com alta recorrência de uso, você poderá salvá-lo na opção “Meus Protocolos”.

Dessa forma, são indicações clínicas (em ordem alfabética):

- 1 – Afastamento Gengival para Moldagem – fibra 300 ou 400 µm hot, 1,5 W PW 50% 50Hz 10ms (largura de pulso) – remover apenas o necessário, sem expor tecido ósseo, realizando movimentos de pincelamento em um único sentido.
- 2 – Biopsia – fibra 300 ou 400 µm hot, 1,5W CW – limitar-se a região a ser removida e não esquecer de anotar no documento de envio ao laboratório que a peça fora retirada utilizando um laser cirúrgico, uma vez que as bordas dela estarão diferentes do aspecto, normalmente, deixado por um bisturi frio.
- 3 – Capeamento Pulpar – fibra 400 µm hot, 1W, PW, 50%, 30Hz, 16,6ms (largura de pulso) desfocalizado, sem contato (há 1mm de distância), de 3 a 5 segundos, em movimentos circulares.

4 – Clareamento Dental – fibra 400 µm cold, 1W CW 30 segundos desfocalizado (há 2mm de distância do gel clareador) em cada dente (realizar 3 x de 10 segundos, sendo 10 segundos em um movimento diferente – sobe-e-desce, vai-e-vem e circulando) com uma camada de gel clareador (fazer todos os dentes 1X e depois repetir, iniciando no primeiro dente; caso tratar-se de 1 único dente ou até 3 elementos dentais a serem clareados, aguardar 3 minutos para repetir os movimentos nestes dentes em questão).

5 – Coadjuvante na Remineralização de Esmalte – fibra 400 µm cold, 500mW, 60%, 30Hz, 20ms, pincelamento vai-e-vem, 30 segundos por face (direções vertical, horizontal e circular, cobrindo toda a face dental a ser tratada), há 1,0mm de distância da camada de verniz fluoretado, previamente, aplicado.

6 – Curetagem de Lesões Infectadas (Mucosa Oral, Lábios e Pele) - fibra 600 µm hot, 1,5W, CW com refrigeração extra.

7 – Descontaminação em Endodontia – fibras de 200 ou 300 µm cold, 1W PW 50% 50Hz 10ms – comprimento de trabalho menos 1mm, irradiar tracionando, de apical para cervical, com movimentos helicoidais, ao longo de 10 segundos, aguarda 10 segundos, repete até 4 passadas – Técnica Prof. Gutknecht

8 – Descontaminação em Periodontia – fibra 400 µm cold, 1W PW 50% 20Hz 25ms 20 segundos por face com movimentos de vai-e-vem dentro do sulco gengival ou bolsa periodontal, aguardar 30 segundos para repetir no mesmo dente, totalizando 5 passadas.

9 – Descontaminação de Preparos Cavitários – fibra 400 µm cold, 3W PW 10% 10Hz 10ms, 20 segundos em contato pincelando as paredes do preparo (utilizar resfriamento externo com sugador de alta potência e jato de ar da seringa tríplex), aguarda 30 segundos e repete até totalizar 5 passadas.

10 – Descontaminação de Tecidos Moles (Pele e Mucosa) – ponteira de FBM, fibra 400 µm cold, 3W PW 50% 20Hz 25ms 2 minutos de irradiação por ponto (irradiar por 1 minuto, aguardar 1 minuto para relaxação térmica do tecido-alvo, e irradiar mais 1 minuto).

11 – Despigmentação Gengival – fibra 600 µm hot, 2W PW 50% 50Hz 10ms, de 10 a 30 segundos com resfriamento jato de ar e sugador de alta potência, aplicar com a ponta de FBM por 4 segundos (2J) a cada 3 dentes movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem.

12 – Despigmentação Labial – fibra 400 µm hot, 1,5W CW, de 10 a 30 segundos com resfriamento jato de ar e sugador de alta potência, aplicar com a ponta de FBM por 4 segundos (2J), e finalizar com camada fina de vaselina sólida.

13 – Despigmentação de Manchas Tissulares (pele) – fibra 600 µm cold, 1,5W, PW, 50%, 10Hz, 50ms, pincelamento em contato. Finalizar com sérum hidratante e filtro solar.

14 – Divulsão de Tecido Conjuntivo - fibra 600 ou 800 µm hot, 3W PW fibra de 600 hot tip, 50% 50Hz 10ms (largura de pulso) – movimentos suaves de pincelamento em um único sentido e avaliar periodicamente.

15 – Fotobiomodulação para Cicatrização – ponteira FBM, fibras de 600 ou 800 µm cold, 500mW, PW, 50% 50Hz, 10ms, irradiação por 4 segundos (2J e 0,41J/cm<sup>2</sup>)

16 – Fotocoagulação de Hemangiomas – fibra 600 µm cold, 1,5W CW, de 5 a 10 segundos, com intervalos de 10 segundos para relaxação térmica, desfocalizado (com 0,5 cm de distância).

17 – Fotocoagulação de Telangectasias – fibra 400 µm cold, 1W, PW, 50%, 10Hz, 50ms em contato e pincelando suavemente, de 3 a 4 passadas com intervalos de 10 segundos entre elas.

18 – Frenecto/Ulecto/Bridectomia em Adultos – fibra 600 ou 800  $\mu\text{m}$  hot, 2,0W CW – movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem e ativação.

19 – Frenectomia em Bebês – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1,5W PW 50% 50Hz 10ms – movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem e ativação.

20 – Frenectomia em Crianças – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1W CW – movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem e ativação.

21 – Gengivoplastia – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 2,5W PW 50% 50Hz, 10ms movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem e ativação.

22 – Gengivectomia – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1,5W CW movimentos suaves de pincelamento e avaliar periodicamente, certificando-se que a fibra não fraturou, caso aconteça, prepare a mesma, novamente, com clivagem e ativação.

23 – Hemostasia em Mucosa Oral – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1W, CW, desfocalizado, sem contato (há 1mm de distância), de 3 a 10 segundos, em movimento ou puntuando o local.

24 – Hidratação Tissular (Pele) – ponteira FBM, fibras de 600 ou 800  $\mu\text{m}$  cold, 500mW, CW, irradiação por 40 segundos (20J e 4,08J/cm<sup>2</sup>) – é interessante utilizar uma caneta medidora de hidratação/oleosidade por impedância para registro do tratamento (antes e depois imediatos).

25 – Incisão em Tecido Mole (Mucosa ou Pele) – fibra 300 ou 400  $\mu\text{m}$  hot, 2,5W PW 50% 50Hz, 10ms – realizar movimentos suaves de pincelamento em um único sentido, porções de 2,0mm no máximo.

26 – Limpeza de Sulcos e Fissuras Dentais – fibra 300 ou 400  $\mu\text{m}$  cold, 3W PW 10% 10Hz 10ms, 10 segundos em contato pincelando as paredes do preparo (utilizar resfriamento externo com sugador de alta potência e jato de ar da seringa tríplice), aguarda 60 segundos entre cada passada e repete (total 4 passadas).

27 – Reabertura Gengival para Estágio 2 de Implantes (Protética) – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1W PW 50% 50Hz 10ms (10 segundos, aguarda 30 segundos, repete 10 segundos até 4 passadas) – movimentos de pincelamento suave.

28 – Retração de Pele Flácida Fototipo Alto (Rugas Estáticas e Ptose Tissular) – fibra 300 ou 400  $\mu\text{m}$  hot, 1,5W PW 50% 50Hz 10ms, pontos de fulguração na periferia das rugas, pontos equidistantes a cada 2,0mm – sugiro que seja utilizado um anestésico tópico ou infiltrativo, previamente.

29 – Retração de Pele Flácida Fototipo Baixo (Rugas Estáticas e Ptose Tissular) – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 2,5W PW 50% 50Hz 10ms, pontos de fulguração na periferia das rugas, pontos equidistantes a cada 2,0mm – sugiro que seja utilizado um anestésico tópico ou infiltrativo, previamente.

30 – Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana Intraoral (Mucosa e Dentes) – líquido de curcumina a 1,5%, aguarda 1 minuto, ponta de FBM, fibras de 600 ou 800  $\mu\text{m}$  cold, 500mW, CW, 20 segundos por ponto, entregando 10J/ponto (2,04J/cm<sup>2</sup>) – cobrir toda a lesão com pontos de 20 segundos, caso a lesão seja maior que o diâmetro da ponta de FBM.

31 – Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana Labial – gel de curcumina a 1,5%, aguarda 1 minuto, ponta de FBM, fibras de 600 ou 800  $\mu\text{m}$  cold, 500mW, CW, 20 segundos por ponto, entregando 10J/ponto (2,04J/cm<sup>2</sup>)

32 – Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana na Pele/Couro Cabeludo – gel de curcumina (ou outro fotossensibilizador que absorva na faixa espectral azul), aguardar 10 minutos, fotoativar com a ponta de FBM, fibras de 600 ou 800  $\mu\text{m}$  cold, 500mW, CW, 20 segundos por ponto, entregando 10J/ponto, parado (2,04J/cm<sup>2</sup>).

33 – Vaporização de Hemangioma Rubi (Pele e Couro Cabeludo) – fibra 600  $\mu\text{m}$  hot, 1,5W CW – dependendo da sensibilidade do paciente, não se faz necessária a aplicação da anestesia (tópica ou infiltrativa).

34 – Vaporização de Lesões Exofíticas coradas (Pele e Mucosa) – fibra 400  $\mu\text{m}$  hot, 1,5W, CW com refrigeração extra – sugiro que seja utilizado um anestésico tópico ou infiltrativo, previamente.

OBS: Fibra hot = ponta da fibra ativada no carbono de oclusão lado vermelho; Fibra cold = ponta da fibra sem ativação, apenas clivada.

## 7. Considerações finais

O laser azul emitindo em 445nm está revolucionando a Odontologia ao oferecer tratamentos mais precisos, menos invasivos e com uma recuperação mais rápida. Com suas diversas aplicações, desde o tratamento de tecidos moles até o clareamento dental, essa tecnologia está se tornando uma ferramenta indispensável para os dentistas contemporâneos.

Além disso, os pacientes estão se beneficiando de uma experiência mais confortável e menos dolorosa no consultório odontológico.

No canal do YouTube da MMOptics, existe uma Aula sobre o TW Cyan (MMO) e suas aplicações na Odontologia. Convido você a assisti-la.

Se você está procurando um tratamento odontológico mais avançado e eficaz, considere conversar com seu dentista sobre o uso do laser de 445nm. Essa tecnologia pode transformar sua experiência e proporcionar resultados superiores.

Não se trata de mais uma cor, mas de uma evolução com bases científicas e clínicas. Muito da laserterapia continua com grande sucesso, e a vinda do laser de 445nm, torna aquilo que já era bom em algo ainda melhor.



## 8. Referências bibliográficas

1. Lizarelli R de FZ, Kabariti DH, Bagnato VS. Apresentando o laser azul nos tratamentos orofaciais: um novo ganho em eficiência e aplicações [Internet]. *Aesthetic Orofacial Science*. 2025; 6(1): 61-75. [citado 2025 maio 31] Available from: <https://doi.org/10.51670/aos.v6i1.250>
2. Douglas WH, Craig RG, Chen CJ. A new composite restorative based on a hydrophobic matrix. *J Dent Res*. 1979 Oct;58(10):1981-6.
3. Mills RW. Blue light emitting diodes--another method of light curing? *Br Dent J*. 1995 Mar 11;178(5):169.
4. Oberholpez G, Botha CT, du Preez IC. Advances in light curing units and curing techniques: a literature review. *SADJ*. 2005 Nov;60(10):451-4.
5. Jeong CM, Heo YJ, Jeon YC, Kim HI, Kwon YH. Microhardness and polymerization shrinkage of flowable resins that are light cured using a blue laser. *Lasers Med Sci*. 2012 Jul;27(4):729-33.
6. Lima AF. Transmission of violet and blue light and current light units through glass-reinforced ceramics with different thicknesses. *J Prosthodont Res*. 2021 Aug 21;65(3):387-392.
7. Bennett AW, Watts DC. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater*. 2004 Jan;20(1):72-9.
8. Hoshyari N, Mesgarani A, Sheikhi MM, Goli H, Nataj AH, Chiniforush N. Comparison of Antimicrobial Effects of 445 and 970 nm Diode Laser Irradiation with Photodynamic Therapy and Triple Antibiotic Paste on *Enterococcus faecalis* in the Root Canal: an In Vitro Study. *Maedica (Bucur)*. 2024 Mar;19(1):57-65.
9. Papadopoulou A, Dionysopoulos D, Strakas D, Kouros P, Vamvakoudi E, Tsetseli P et al. Exploring the efficacy of laser-assisted in-office tooth bleaching: A study on varied irradiation times and power settings utilizing a diode laser (445 nm). *J Photochem Photobiol B*. 2024; 257:112970.
10. Mujčić JI, Gojkov VM, Hadžić S, Pašić E, Muharemović A et al. A Novel Blue Light Laser (445 nm) in Non-surgical Treatment of Chronic Periodontitis: A Clinical and Microbiological Study. *Cureus*. 2024 Aug 19;16(8):e67252.
11. Haque AU, Rastogi PK, Lal N, Singhal R. Blue laser-assisted depigmentation of gingiva using non-ablative technique. *BMJ Case Rep*. 2024 Oct 24;17(10):e260493.
12. Sobouti F, Moallem SA, Aryana M, Hakimih N, Dadgar S. Maxillary labial frenectomy: a randomized, controlled comparative study of two blue (445 nm) and infrared (980 nm) diode lasers versus surgical scalpel. *BMC Oral Health*. 2024 Jul 25;24(1):843.
13. Reichelt J, Winter J, Meister J, Frentzen M, Kraus D. A novel blue light laser system for surgical applications in dentistry: evaluation of specific laser-tissue interactions in monolayer cultures. *Clin Oral Investig*. 2017 May;21(4):985-994.
14. Khlopkov AD, Samoilo ID, Shatilova KV. Comparative study of soft tissue surgery by visible and infrared laser radiation. *Lasers Med Sci*. 2023 Jul 26;38(1):167.
15. Taher Agha M, Polenik P. Laser Treatment for Melanin Gingival Pigmentations: A Comparison Study for 3 Laser Wavelengths 2780, 940, and 445 nm. *Int J Dent*. 2020:3896386.
16. Möbius D, Braun A, Franzen R. Evaluation of tooth color change after a bleaching process with different lasers. *Odontology*. 2024 Jul;112(3):872-883.
17. Bagnato VS. Os fundamentos da luz laser. *Fisica na Escola* 2001; 2(2):4-9.

18. Plavskii VY, Mikulich AV, Tretyakova AI, Leusenka IA, Plavskaya LG, Kazyuchits OA et al. Porphyrins and flavins as endogenous acceptors of optical radiation of blue spectral region determining photoinactivation of microbial cells. *J Photochem Photobiol B*. 2018; 183:172-183.
19. Sadowska M, Narbutt J, Lesiak A. Blue Light in Dermatology. *Life (Basel)*. 2021 Jul 8;11(7):670.
20. Hanke A, Fimmers R, Frentzen M, Meister J Quantitative determination of cut efficiency during soft tissue surgery using diode lasers in the wavelength range between 400 and 1500 nm. *Lasers Med Sci* 2021; 36,1633–1647.
21. Verma M, Khan MA, Haque AU, Fiza MS. Diode Laser Frenectomy: A Torch of Freedom for Ankyloglossia. *Cureus*. 2024 Apr 15;16(4):e58319.
22. Sobouti F, Moallem SA, Aryana M, Hakimiha N, Dadgar S. Maxillary labial frenectomy: a randomized, controlled comparative study of two blue (445 nm) and infrared (980 nm) diode lasers versus surgical scalpel. *BMC Oral Health*. 2024 Jul 25;24(1):843.
23. Ahrens M, Spörer M, Deppe H, Ritschl LM, Mela P. Bacterial reduction and temperature increase of titanium dental implant models treated with a 445 nm diode laser: an in vitro study. *Sci Rep*. 2024 Aug 5;14(1):18053.
24. Rupel K, Zupin L, Ottaviani G, Bertani I, Martinelli V, Porrelli D, Vodret S, Vuerich R, Passos da Silva D, Bussani R, Crovella S, Parsek M, Venturi V, Di Lenarda R, Biasotto M, Zacchigna S. Blue laser light inhibits biofilm formation in vitro and in vivo by inducing oxidative stress. *NPJ Biofilms Microbiomes*. 2019 Oct 9;5(1):29.
25. Palaia G, Impellizzeri A, Tenore G, Caporali F, Visca P, Del Vecchio A, Galluccio G, Polimeni A, Romeo U. Ex vivo histological analysis of the thermal effects created by a 445-nm diode laser in oral soft tissue biopsies. *Clin Oral Investig*. 2020 Aug;24(8):2645-2652.
26. Mojahedi NSM, Frentzen M, Mayr A, Rahmani S, Anbari F, Meister J et al. Comparison of the Diode Laser Wavelengths 445 nm and 810 nm in Gingival Depigmentation - A Clinical Evaluation. *J Lasers Med Sci*. 2023 Dec 19;14:e63.
27. Szymańczyk J, Trzeciakowski W, Ivonyak Y, Tuchowski P, Bercha A, Szymańczyk J. Blue Laser (450 nm) Treatment of Solar Lentigines. *J Clin Med*. 2021 Oct 24;10(21):4919.
28. Lin CK, Chen YP, Wang YH, Dailey SH, Lai YT. Photoangiolytic with the 445-nm Blue Laser and the Potassium-Titanyl-Phosphate Laser: A Comparison. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2024 Nov;133(11):921-927.
29. Al-Maliky MA, Frentzen M, Meister J. Artificial Caries Resistance in Enamel after Topical Fluoride Treatment and 445 nm Laser Irradiation. *Biomed Res Int*. 2019:9101642.
30. Hashemikamangar SS, Merati H, Valizadeh S, Saberi S. Effects of Lasers and Fluoride Varnish on Microhardness and Calcium and Phosphorus Content of Demineralized Enamel. *Front Dent*. 2024 Jul 22;21:27.
31. Wenzler JS, Falk W, Frankenberger R, Braun A. Impact of Adjunctive Laser Irradiation on the Bacterial Load of Dental Root Canals: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Antibiotics (Basel)*. 2021 Dec 20;10(12):1557.
32. Gutknecht, N., Al Hassan, N., Martins, M.R. Conrads G, Franzen R. Bactericidal effect of 445-nm blue diode laser in the root canal dentin on *Enterococcus faecalis* of human teeth. *Laser Dent Sci* 2018; 2, 247–254.

33. Hoshyari N, Mesgarani A, Sheikhi MM, Goli H, Nataj AH, Chiniforush N. Comparison of Antimicrobial Effects of 445 and 970 nm Diode Laser Irradiation with Photodynamic Therapy and Triple Antibiotic Paste on *Enterococcus faecalis* in the Root Canal: an In Vitro Study. *Maedica (Bucur)*. 2024 Mar;19(1):57-65.
34. Lusche I, Dirk C, Frentzen M, Meister J. Cavity Disinfection With a 445 nm Diode Laser Within the Scope of Restorative Therapy - A Pilot Study. *J Lasers Med Sci*. 2020 Fall;11(4):417-426.
35. Palamara J, Phakey PP, Orams HJ, Rachinger WA The Effect on the Ultrastructure of Dental Enamel of Excimer-Dye, Argon-Ion and CO<sub>2</sub> Lasers. *Scanning Microscopy* 1992; 6(4):16.
36. Castellano-Pellicena I, Uzunbajakava NE, Mignon C, Raafs B, Botchkarev VA, Thornton MJ. Does blue light restore human epidermal barrier function via activation of Opsin during cutaneous wound healing? *Lasers Surg Med*. 2019 Apr;51(4):370-382.
37. Prado TP, Zanchetta FC, Barbieri B, Aparecido C, Melo Lima MH, Araujo EP. Photobiomodulation with Blue Light on Wound Healing: A Scoping Review. *Life (Basel)*. 2023 Feb 18;13(2):575.
38. Menezes PFC, Requena MB, Lizarelli RFZ, Bagnato VS Blue LED irradiation to hydration of skin. *Proc SPIE 9531, Biophotonics South America, 95311W* (2015).
39. Lizarelli RFZ, Grandi NDP, Florez FLE, Grecco C, Lopes LA Clinical study on orofacial photonic hydration using phototherapy and biomaterials. *Proc. SPIE 9531, Biophotonics South America, 95311T* (2015).
40. Pordel E, Ghasemi T, Afrasiabi S, Benedicenti S, Signore A, Chiniforush N. The Effect of Different Output Powers of Blue Diode Laser along with Curcumin and Riboflavin against *Streptococcus mutans* around Orthodontic Brackets: An In Vitro Study. *Biomedicines*. 2023 Aug 10;11(8):2248.
41. Petersen M, Braun A, Franzen R. Thermal Effects on Dental Pulp during Laser-Assisted Bleaching Procedures with Diode Lasers in a Clinical Study. *J Clin Med*. 2024 Apr 16;13(8):2301.
42. Smigel I. Laser tooth whitening. *Dentistry Today* 1996; 15(8):32-36.
43. Avola R, Graziano ACE, Pannuzzo G, Cardile V. Blue Light Induces Down-Regulation of Aquaporin 1, 3, and 9 in Human Keratinocytes. *Cells*. 2018 Nov 3;7(11):197. doi: 10.3390/cells7110197. Retraction in: *Cells*. 2019 Aug 03;8(8):E819.
44. Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock-Blue light sets the human rhythm. *J Biophotonics*. 2019 Dec;12(12):e201900102.
45. Kumari J, Das K, Babaei M, Rokni GR, Goldust M. The impact of blue light and digital screens on the skin. *J Cosmet Dermatol*. 2023 Apr;22(4):1185-1190.
46. Ge G, Wang Y, Xu Y, Pu W, Tan Y, Liu P, Ding H, Lu YM, Wang J, Liu W, Ma Y. Induced skin aging by blue-light irradiation in human skin fibroblasts via TGF- $\beta$ , JNK and EGFR pathways. *J Dermatol Sci*. 2023 Aug;111(2):52-59.
47. Amjadi A, Mirmiranpour H, Sobhani SO, Moazami Goudarzi N. Intravenous laser wavelength radiation effect on LCAT, PON1, catalase, and FRAP in diabetic rats. *Lasers Med Sci*. 2020 Feb;35(1):131-138.
48. Sun L, Peräkylä J, Kovalainen A, Ogawa KH, Karhunen PJ, Hartikainen KM. Human Brain Reacts to Transcranial Extraocular Light. *PLoS One*. 2016 Feb 24;11(2):e0149525.