DERMATOLOGIA
E PROCEDIMENTOS ESTÉTICOS
Edição 10

Capítulo 6

LASERS: TIPOS E INDICAÇÕES DENTRO DOS PROTOCOLOS ESTÉTICOS

ANA CAROLINA THOMAZ SOARES NOVAK[1]
BEATRIZ PURITA VESSONI NUNES[1]
GABRIELA DOS SANTOS ELIAS[1]
JOYCE STHPHANNY DE FATIMA SANTOS FREITAS[1]
MARTHA FREIRE MARTINS[1]
PAULA ITABAIANA NICOLAU CURY[1]
TAÍS RUFINO CHAVES[1]

[1]Discentes – Medicina da Universidade Cidade de São Paulo – UNICID

Palavras-chave: *Laser; Ablativo; Tratamento*

Doi 10.59290/978-65-6029-146-1.6

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

A jornada dos lasers na dermatologia estética começou na década de 1960, quando o físico Theodore Maiman demonstrou a primeira operação prática de um laser, usando um cristal de rubi como meio ativo. Essa inovação não apenas inaugurou uma nova era na física aplicada, mas também semeou as primeiras ideias sobre o potencial dos lasers em aplicações médicas. Nos anos seguintes, a experimentação e a pesquisa em torno dos lasers foram focadas em explorar suas capacidades para fins cirúrgicos e estéticos, o que marcou o início de sua jornada na dermatologia (MAIMAN, 1960).

A primeira aplicação dermatológica de um laser foi realizada por Leon Goldman, que é frequentemente citado como o pai da laserterapia dermatológica. Goldman explorou o uso de lasers de rubi para tratar tatuagens, lesões vasculares e pigmentadas. Isso estabeleceu o fundamento para o uso terapêutico de lasers na pele. Sua pesquisa pioneira destacou o conceito de que a luz laser poderia ser usada para tratar seletivamente estruturas específicas da pele. Com isso, abriu-se caminho para o desenvolvimento subsequente de tecnologias laser mais avançadas e específicas (GOLDMAN & ROCKWELL, 1971).

Na década de 1980, a introdução dos lasers de CO2 e argônio transformou o campo da dermatologia estética. Assim, novas possibilidades foram oferecidas para o tratamento de cicatrizes, lesões pigmentadas e vasculares. Como consequência, foi iniciada a era do *resurfacing* da pele. Paralelamente, o desenvolvimento de lasers Nd:YAG, Alexandrite e de Diodo ampliou o espectro de tratamentos disponíveis, o que permitiu abordagens mais eficazes e menos invasivas para uma variedade de condições dermatológicas (ANDERSON & PARRISH, 1982).

A virada do século testemunhou o advento da fototermólise fracionada, uma técnica que utiliza lasers para criar zonas microscópicas de dano térmico que promovem a renovação da pele sem afetar significativamente os tecidos circundantes. Este avanço significativo reduziu o tempo de recuperação dos pacientes e aumentou a segurança dos procedimentos a laser. Isso consolidou a sua posição como ferramentas indispensáveis na estética dermatológica (MANSTEIN *et al*., 2004).

Os anos recentes viram a introdução de tecnologias laser ainda mais sofisticadas, com melhor controle sobre os parâmetros de tratamento, o que permitiu personalizações detalhadas baseadas nas necessidades específicas dos pacientes e em seus tipos de pele. A integração de sistemas de resfriamento, modos de entrega de pulso variáveis e tecnologias guiadas por imagem elevaram a precisão e a eficácia dos procedimentos a laser. Isso marcou uma era de procedimentos dermatológicos estéticos minimamente invasivos, altamente eficazes e com tempos de recuperação reduzidos.

A respeito dos princípios básicos de funcionamento dos lasers, sabe-se que no cerne da operação dos lasers, está o fenômeno da emissão estimulada de radiação, um processo pelo qual a matéria emite luz em resposta à excitação de seus elétrons. Esse princípio fundamental, proposto por Albert Einstein no início do século XX, forma a base tecnológica dos lasers. Um laser consiste em um meio ativo situado entre dois espelhos, formando uma cavidade ressonante. Quando o meio ativo é energizado, ele emite fótons, que são amplificados à medida que oscilam entre os espelhos. A emissão de luz através de um dos espelhos, parcialmente reflexivo, gera o feixe de laser característico (GOLDMAN & FITZPATRICK, 1999).

A especificidade dos lasers em dermatologia estética é amplamente atribuída à sua capacidade de emitir luz em comprimentos de onda que são seletivamente absorvidos por cromóforos na pele, tais como a melanina, a hemoglobina e a água. Este princípio de seletividade permite que os lasers atinjam alvos específicos dentro da pele, causando efeitos terapêuticos localizados com minimização do dano ao tecido circundante (GOLDMAN & FITZPATRICK, 1999).

A fototermólise seletiva é o mecanismo pelo qual os lasers exercem seus efeitos na pele. Esse processo envolve a absorção de luz laser pelo cromóforo-alvo, resultando em um aumento rápido da temperatura que leva à destruição ou alteração do alvo. A chave para a eficácia desse processo é a escolha adequada do comprimento de onda do laser e dos parâmetros de tratamento, como a duração do pulso e a energia, de modo a maximizar a absorção pelo alvo desejado enquanto se minimiza a absorção pelos tecidos circundantes (MANSTEIN *et al*., 2004).

Além dos comprimentos de onda e da seletividade cromófora, os modos de operação dos lasers (como contínuo, pulsado, *Q-switched*, e fracionado) desempenham um papel crucial em determinar a aplicabilidade e a eficácia dos diferentes tipos de lasers em procedimentos dermatológicos estéticos. A escolha do modo de operação depende da condição a ser tratada, do tipo de pele do paciente e dos resultados desejados, sublinhando a importância de uma compreensão profunda dos princípios de funcionamento dos lasers para otimizar os resultados do tratamento (MANSTEIN *et al*., 2004).

O objetivo deste estudo foi descrever princípios básicos de funcionamento dos lasers, tipos de lasers e suas propriedades físicas, comparando os diferentes comprimentos de onda, fluência, tempo de pulso e modo de operação; distinguir entre lasers ablativos e não-ablativos incluindo os mecanismos de ação e indicações, discutir sobre como cada tipo interage com a pele e para quais condições são mais indicados; trazer indicações dos lasers em procedimentos estéticos, como o uso em tratamentos de rejuvenescimento facial, remoção de tatuagens, tratamento de cicatrizes e estrias, incluindo evidências científicas sobre eficácia e segurança; protocolos estéticos com lasers em tratamentos de hipercromias e lesões pigmentadas, como no tratamento de melasma, sardas, lentigos e outras lesões pigmentadas, abordando sobre a seleção do laser, parâmetros de tratamento e cuidados pós-procedimento; abordar desafios e perspectivas futuras no uso de lasers em dermatologia estética, discutindo os desafios atuais, como a seleção de pacientes, riscos, efeitos adversos e gestão de expectativas, abordando tendências futuras em tecnologia de lasers, novas indicações e abordagens terapêuticas; e para concluir, abordar as perspectivas sobre o futuro da educação e treinamento em dermatologia estética para garantir o uso eficaz e seguro dos lasers, incluindo o encorajamento para a pesquisa contínua e desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas que possam ampliar as possibilidades de tratamento estético com lasers.

METODO

Trata-se de uma revisão narrativa realizada no período de maio a junho de 2024, por meio de pesquisas nas bases de dados: PubMed, SciELO e Periódicos CAPES. Foram utilizados os *descritores laser therapy, ablation, laser therapies, laser treatment, nonablative, lasers*, medicina estética, laser na medicina estética, ablativos, lasers não ablativos, rejuvenescimento não ablativo, cicatriz hipertrófica, *rejuvenation*, nesta busca foram encontrados 10 mil artigos, posteriormente submetidos aos critérios de seleção.

Os critérios de inclusão foram: artigos nos idiomas em português e inglês, publicados no período de 2014 a 2024 e que abordavam as temáticas propostas para esta pesquisa, estudos do tipo revisão e meta-análise disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, disponibilizados na forma de resumo, que não abordavam diretamente a proposta estudada e que não atendiam aos demais critérios de inclusão.

Após os critérios de seleção restaram 460 artigos que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados. Os resultados foram apresentados de forma descritiva, divididos em categorias temáticas abordando: os tipos de lasers, comparação de comprimento de onda, fluência, tempo de pulso e modo de operação; diferenças entre lasers ablativos e não ablativos; indicações dos lasers em procedimentos estéticos; protocolos estéticos com lasers em tratamentos de hipercromias e lesões pigmentadas; efeitos adversos, tendências futuras e novas indicações do uso do laser.

Além da revisão de artigos científicos, a metodologia desta pesquisa incluiu a utilização de livros dermatológicos como fonte complementar para a coleta de dados relacionados aos resultados e discussões. A integração dessas fontes permitiu uma abordagem abrangente e detalhada, enriquecendo a análise dos dados obtidos e proporcionando uma compreensão mais completa do tema em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de se explorar os diversos tipos de lasers e suas aplicações terapêuticas, é fundamental compreender o papel revolucionário que esses dispositivos desempenham na medicina moderna. O laser é um termo que se refere a uma emissão de luz estimulada pela radiação. Embora o laser tenha sido utilizado inicialmente por Maiman em 1959, utilizando um cristal de rubi para produzir ondas de 694 nm, a ideia teve sua origem por Einstein em 1917. O físico teorizou que um fóton de energia eletromagnética poderia estimular a emissão de outro fóton idêntico a partir de átomos ou moléculas em um estado excitado. Em 1963, o Dr. Leon Goldman inovou empregando lasers em aplicações cutâneas. A partir deste evento, foi desenvolvido lasers de argônio e dióxido de carbono, transformando a área científica (MODENA *et al*., 2023).

A partir deste evento supramencionado, a utilização do laser na medicina vem crescendo, tanto na prática quanto cientificamente. Neste sentido, a prática do laser é a partir de dispositivos que produzem a radiação electromagnética (REM), através de um procedimento chamado de “emissão estimulada”. Uma utilização do laser é a depilação definitiva, possuindo como alvo o pigmento de melanina que está presente nos bulbos pilosos (OLIVEIRA *et al*., 2018).

O laser é um termo acrônimo que advém da língua inglesa, significa: “*light amplification by stimulated emission of radiation”.* Assim, pode se afirmar que o laser se trata de uma radiação de origem eletromagnética não ionizante, esta radiação pode ser visível ou não (LOPES *et al*., 2018), ele tem sido uma ferramenta essencial em uma variedade de campos, desde a cirurgia oftalmológica até o tratamento de doenças de pele. Sua capacidade de fornecer precisão milimétrica e minimizar danos aos tecidos circundantes torna-os uma escolha preferencial em muitos procedimentos médicos. Neste contexto, será explorado os diferentes tipos de lasers, suas indicações clínicas, os tratamentos associados e os possíveis efeitos adversos que os pacientes podem enfrentar.

Tipos de Lasers, Comparação de Comprimento de Onda, Fluência, Tempo de Pulso e Modo de Operação

Os tipos de aparelhos mais usados em consultórios dermatológicos são, luz intensa pulsada (LIP), lasers ablativos fracionados e não fracionados de CO2, lasers de erbium fracionado não ablativo, YAG lasers (Neodymium: YAG, Érbio-Yag, e Hólmio YAG), Q-*Swichted* lasers, radiofrequência, infravermelho, radiofrequência associada a laser/LED (Diodo Emissor de Luz) /LIP para tratamento corporal, lipólise ultrassônica, Hélio-Neônio e Argônio (MATTOS *et al*., 2011).

Sendo utilizados para epilção, remoção de pigmentos melanocíticos, tratamento de lesões vasculares, flacidez facial e corporal e tratamento de estrias. A escolha do equipamento adequado leva em consideração a sua finalidade de tratamento, pulsação e medidas de associação (MATTOS *et al*., 2011).

Os lasers com curta penetração como, Alexandrite (755 nm), Diodo (810 nm) e Rubi (694,3 nm) são utilizados para depilação definitiva, impedindo ou retardando o crescimento do pelo por danificar o folículo piloso, o laser Nd: YAG (1064 nm) consegue efeitos parecidos mas não tão eficientes (OLIVEIRA, 2018).

O laser de CO2 (10600 nm) é usado na dermatologia no tratamento de cicatrizes de acne e rejuvenescimento, por vaporizar a camada mais superficial da pele e encolher células de colágeno removendo assim manchas e rugas. O laser Erbium:YAG (2940 nm) e o de CO2 também são usados em bisturis, promovendo um corte fino e sem sangramentos (OTSUKA *et al*., 2021).

As propriedades da radiação IPL possibilitam a seleção de parâmetros de tratamento, como densidade de energia e comprimento de onda, de acordo com os diferentes tipos de pele. Devido à sua capacidade de operar em diversos comprimentos de onda, o IPL pode tratar várias patologias, incluindo a remoção de tatuagens utilizando comprimentos de onda de 515 nm, 550 nm, 570 nm, 590 nm, 615 nm, 645 nm, 695 nm e 755 nm (PEREIRA *et al*., 2018).

A utilização típica do laser de Argônio (488-630 nm) é para lesões vasculares. O laser hélio-neônio (632,8 nm) é indicado para lesões profundas que apresentam propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e bioestimulantes (MATTOS *et al*., 2011).

A extensão do pulso refere-se ao tempo em que o tecido é exposto à radiação do laser, sendo que a duração ideal desse pulso varia conforme o tipo de laser e o tecido alvo. Essa potência é ajustada de acordo com o tipo de pele do paciente. Alguns dispositivos IPL aplicam pulsos discretos, que são capazes de variar desde somente um pulso até múltiplos pulsos (mais de cinco), separados por diferentes intervalos de tempo (PEREIRA *et al*., 2018).

Lasers Ablativos e Não Ablativos

Lasers ablativos utilizam comprimentos de onda mais longos para atingir a água presente epiderme e derme, ocasionando a vaporização das células. Os lasers não ablativos produzem colunas de tecido coagulado composto por colágeno desnaturado, deixando a camada epidérmica intacta (WILLOWNS *et al*.,2017).

Lasers ablativos e não ablativos eram as únicas opções antes dos lasers fracionados. Enquanto os lasers ablativos como laser de CO2 e o Laser de érbio demonstram resultados mais potentes; os danos, complicações e tempo de recuperação são piores quando comparados aos lasers não ablativos. Dentre as indicações de lasers ablativos estão queratoses seborreicas, verrugas vulgares, xantelasma, hiperplasia sebácea etc. Os resultados dos lasers não ablativos mostram uma eficácia notável, embora ainda sejam modestos em comparação com os ablativos.

Apesar disto, possuem menor tempo de recuperação, menor risco de complicações e são mais populares no mercado em que se busca um tratamento não invasivo. Sua indicação pode beneficiar tratamento de lesões cutâneas leves, melhora de rugas e cicatrizes suaves (Tratado de dermatologia, volume 2, 2023).

Há ainda o que se denominam tratamentos fracionados que podem ser ablativos ou não ablativos. O laser não fracionado libera feixe único de luz que dispersa energia a partir de um ponto central. Já o laser fracionado libera energia para o tecido através de múltiplas colunas microscópicas rodeadas por áreas não tratadas. Acredita-se que esse padrão de zonas microtérmicas de calor entrega energia à pele de maneira mais homogênea (WILLOWNS *et al.*, 2017).

Estudos demonstram que ora os lasers ablativos, ora os lasers não ablativos serão recomendados, a depender do caso tratado.

Cicatrizes mais espessas como as que ocorrem por queimaduras, de um modo geral tem por recomendação de tratamento o laser ablativo, pois este alcança maiores profundidades do que o laser não ablativo o que ajuda na penetração total da cicatriz, o alcance da profundidade dependerá da localização da aplicação do laser e por isso é necessário regular sua energia a cada aplicação até uma possível hemorragia pontual, sinal que a espessura total foi penetrada pelas colunas do laser. Dentre os resultados alcançados na pesquisa houve melhora no tamanho, na espessura, na cor e na consistência da pele que mais se aproximou às características da pele natural (WILLOWNS *et al.*, 2020).

O tratamento de cicatrizes acneicas, igualmente tem se priorizado o tratamento com laser fraccionado ablativo; no entanto, os seus efeitos secundários mais comuns são a destruição da barreira cutânea e o edema retardado pós-tratamento. Por conseguinte, o intervalo de tratamento é normalmente de 2 a 3 meses ou até mais. Em doentes com rosácea, a barreira epidérmica pode demorar mais tempo e a hiperpigmentação pode aumentar no pós-operatório, o que não é benéfico para o tratamento das cicatrizes de acne. Além disso, os lasers ablativos podem agravar ainda mais a disfunção da barreira cutânea nestes doentes. Por estas razões, a utilização de lasers ablativos no tratamento de cicatrizes de acne requer muita cautela. O melhor laser neste caso foi o 1440 nm NAFL, um laser fracionado não ablativo, que tratou as cicatrizes acneicas sem prejuízo da rosácea (WANG *et al.*, 2020).

Indicações dos Lasers em Procedimentos Estéticos

No processo de envelhecimento da pele, seja ele intrínseco ou extrínseco, é evidente uma série de modificações, como perda de volume, textura irregular, rugas leves ou profundas, e irregularidades de pigmentação, como telangiectasias, lentigos ou melasma. A busca por procedimentos menos invasivos para atenuar os efeitos do envelhecimento cutâneo tem aumentado significativamente, e equipamentos de alta tecnologia, como o laser, são altamente recomendados (BAE *et al*, 2023).

O rejuvenescimento ablativo continua sendo considerado o padrão-ouro para o tratamento não cirúrgico de rugas finas e fotoenvelhecimento. Os lasers ablativos, tanto os tradicionais de campo total quanto os fracionados de dióxido de carbono e érbio, tratam uma variedade de problemas de pele em uma única sessão, incluindo rugas, alteração de coloração da pele, degradação das fibras elásticas e danos actínios (BAE *et al*, 2023). Sendo o laser ablativo CO2 bastante eficiente no tratamento de foto-

envelhecimento severo. Entretanto, estão associados a uma série de efeitos adversos e com um tempo de recuperação prolongado, o que faz com que essa deixe de ser uma opção realista para muitos pacientes. Com a demanda por tratamentos menos agressivos, surgiram opções não ablativas, onde os pacientes necessitam de cinco a seis sessões para que se tenha um resultado próximo aos lasers ablativos sendo esses tratamentos mais tolerados e com menos efeitos colaterais (OLIVEIRA, 2016).

Já a utilização do laser nas cicatrizes, o laser CO2 fracionado demonstra melhorias nos sinais clínicos das cicatrizes hipertróficas, como cor, espessura e prurido. Um estudo comparou os lasers Nd-YAG e de CO2 fracionado individualmente e em combinação, com base em análises clínicas, histopatológicas e bioquímicas. Os resultados mostraram uma melhora mais evidente nas cicatrizes hipertróficas com o laser de CO2 fracionado, enquanto os queloides não apresentaram diferenças significativas entre as terapias. As fibras de colágeno apresentaram melhora substancial em termos de aparência e padrão, e os níveis de TGF-β I reduziram consideravelmente (BARROS *et al*, 2023). Além do Nd-YAG e CO2 fracionado o laser de corante pulsado (PDL 585-595 nm) é eficaz na redução do eritema em cicatrizes cirúrgicas. Em estudos, o PDL demonstrou uma melhora de 67,5 a 72,5% em cicatrizes de acne eritemato-sas e/ou hipertróficas após uma ou duas sessões (BAE *et al.*, 2023).

As estrias são cicatrizes dérmicas atróficas com atrofia epidérmica, causando preocupações estéticas. Em um estudo comparativo da eficácia do laser fracionado de dióxido de carbono e do microagulhamento no tratamento de estrias distensivas, observou-se uma melhora significativa de 55% nas estrias tratadas com dermaroller e no lado tratado com laser fracionado de CO2, uma melhora de 76%, variando de moderada a excelente. Além disso, houve um aumento na densidade e na organização dos feixes de colágeno, bem como um aumento das fibras elásticas, evidenciando os benefícios desses tratamentos na remodelação da pele (SOLIMAN *et al.*, 2018).

Os procedimentos de remoção de tatuagem aumentaram impulsionado por arrependimento ou mudanças na vida pessoal ou profissional. Nos últimos anos, os procedimentos com laser tornaram-se a escolha principal para retirar tatuagens de forma segura e eficaz. Com base na termólise seletiva, os lasers de duração de pulso de nanossegundos surgiram como a opção líder nesse campo *Quality Switched*, ou Q-*switched* tornando possível o tratamento de remoção de tatuagens. Porém, algumas tentativas para aprimorar o processo tem sido feitas. Em 1998, constatou-se que os lasers de pulso de picossegundo são mais eficazes na remoção de tatuagens pretas do que os de nanossegundo. Esses lasers aquecem os alvos rapidamente, causando expansão térmica e vibração, levando ao estresse fotomecânico e à quebra das partículas de tinta. Os fragmentos resultantes são menores do que os produzidos pelos lasers de nanossegundo, tornando-os mais facilmente removíveis pelos macrófagos circulantes (BAE *et al*, 2023). Além disso, ao reduzir a dependência do efeito fototérmico, os lasers de pulso de picossegundo minimizam os danos aos tecidos circundantes. Além da fototermólise seletiva e da fotoacustólise, a fototermólise fracionada com lasers fracionados, tanto ablativos quanto não ablativos, mostrou ser eficaz na remoção de tatuagens. Em suma, os lasers continuam sendo uma ferramenta valiosa no arsenal de tratamentos dermatológicos, oferecendo opções seguras

e eficazes para uma variedade de condições de pele (TRÍDICO *et al.*, 2019).

Protocolos Estéticos com Lasers em Tratamentos de Hipercromias e Lesões Pigmentadas

No laser há uma amplificação da luz estimulada pela emissão de radiação, o feixe de luz do laser é monocromático, ou seja, tem um único comprimento de onda específico. As ondas de luz viajam no espaço e tempo, são emitidas de forma paralela, isso é denominado colimação. A interação do laser com os tecidos biológicos tem efeitos: fototérmicos, fotoquímicos, fotomecânicos, fotoelétricos e fotobiológicos, capazes de atuar na atividade celular provendo regeneração e rejuvenescimento, cicatrização e remoção de manchas (OLIVEIRA *et al*., 2014).

A eficácia terapêutica do laser se dá a partir das propriedades da luz e sua interação o tecido biológico. Como dito, a luz laser é monocromática na cavidade óptica, possibilitando que haja um alcance dos alvos cutâneos, como exemplo a melanina, atuando sobre os melasmas, por exemplo. Diante de uma determinada distância de um comprimento de onda, o laser interage com os tecidos sendo que a luz pode ser absorvida, transmitida, refletida ou mesmo dispersa. Diante a Lei de Gtotthus-Draper, a lei da fotobiologia, determina que apenas a luz absorvida gerará efeitos clínicos, enquanto as demais serão ineficaze (OLIVEIRA *et al*., 2014).

Laser no Rejuvenescimento Facial

O processo de envelhecimento humano não é determinado apenas pelo tempo, mas também por fatores físicos, biológicos, psicológicos e pelo contexto sociocultural em que a vida se desenrola. A senescência é caracterizada pelas mudanças fisiológicas do envelhecimento e pelas construções sociais. As alterações associadas à idade envolvem aspectos de beleza, especialmente relacionados à aparência, como a pele, os cabelos e a condição física. Existe uma ampla gama de lasers no mercado que tem a finalidade de estimular o rejuvenescimento facial (DIAS *et al*., 2023).

Os tipos de laser utilizados para o rejuvenescimento podem ser classificados como ablativos e não ablativos. Os não ablativos, isso é feito sem corte na epiderme, o que proporciona menor chance de efeitos colaterais e menor tempo de inatividade em comparação com lasers ablativos. Os aparelhos utilizados para o rejuvenescimento não ablativo são diversos e incluem luz intensa pulsada, laser no espectro de luz visível e infravermelho médio, microagulhamento, radiofrequência e terapia fotodinâmica. Já os ablativos são aqueles que promovem corte da pele com irradiação perpendicular à sua superfície, dos planos superficiais para os mais profundos (BAE & CIOCON, 2023).

Como exemplo de não ablativos podem ser citados:

1. Luz Intensa Pulsada: não são considerados lasers, mas dispositivos que emitem luz com uma lâmpada flash que produzem feixes não colimados e com comprimentos de ondas que variam entre 400 e 1.200 nm, suas principais indicações são: tratamento de rugas, asperezas na pele, coloração irregular, diminuição do tamanho dos poros e telangiectasias.
2. Laser KTP 532 nm e PDL 595 nm: esse tipo de laser age fazendo uma fototermólise seletiva, para tratar lesões pigmentares, geralmente marrom ou vermelhas. A oxiemoglobina, que é o cromóforo-alvo dos lasers vasculares, tem picos de absorção de 542 e 577 nm. A absorção da energia do laser aquece a oxiemoglobina e leva a danos nas paredes vasculares. Junto do IPL, os outros dispositivos baseados em energia mais usados no tratamento de telangiectasias e

vermelhidão no rosto incluem o PDL 595 nm (e, raramente, o 585 nm) e o laser de fosfato de titanil potássio (KTP) 532 nm.

3. Laser Ruby 694 nm: trata distúrbios de pigmentação também através da teoria da fototermólise seletiva, tendo como alvo melanossomos e melanócitos incluindo o KTP 532 nm; o QS Ruby 694 nm, o QS Alexandrite 755 nm ou o QS Nd:YAG 1.064 nm. Por conta da maior absorção do comprimento de onda do 532 nm pela hemoglobina. O laser Ruby 694 nm é um laser fracionado considerado seguro e efetivo no tratamento de círculos escuros infra-orbitais, e melasmas.

4. Laser Alexandrite 755 nm: tem como alvo preferencial a melanina e é um dos lasers mais populares para tratar lesões pigmentadas, os lasers QS Alexandrite que são usados no rejuvenescimento tem duração de nanossegundos, picossegundos. Melanossomas têm um tempo de relaxamento térmico entre 10 a 100 nanossegundos e, agem aquecendo o entorno do tecido com um grande risco de efeitos adversos. Lasers de picossegundo têm duração de pulso muito menores, o que reduzindo consideravelmente esse risco.

5. Laser 1.064 nm Nd:YAG: muito é usado no *resurfacing* (melhora textura e tonalidade da pele), muito eficaz no tratamento de rugas periorbitais e utilizado também para remoção de tatuagens.

6. Lasers Infravermelhos de Comprimento de Onda Médio: o laser com Érbio 1.550 nm, o Erbium *Glass* 1.540 nm, o Nd:YAG 1.40 nm e o Laser de Fibra 1.565 nm, são lasers que usam água como cromóforo, o que leva à desnaturação dérmica e à coagulação sem ablação de tecidos, indicado para remoção de rugas leves a moderadas, cicatriz de acne e remoção de manchas causadas por fotoenvelhecimento.

7. Terapia Fotodinâmica: indicado no tratamento de queratoses actínicas e melanoma superficiais. No entanto, a ideia de “fotorrejuvenescimento fotodinâmico” (BAE & CIOCON, 2023).

Com relação às indicações do *resurfacing* com uso de laser ablativo é considerada o padrão ouro para o rejuvenescimento não cirúrgico de rugas finas e fotoenvelhecimento. A gama de procedimentos ablativos de rejuvenescimento abrange desde o *resurfacing* tradicional de campo total até o *resurfacing* fracionado com lasers de dióxido de carbono (CO2) e érbio: granada de ítrio alumínio (Er:YAG) (LYON & SILVA, 2015).

Como exemplo dos lasers ablativos podem ser citados:

1- laser de CO2 10.600 nm fracionado é empregado no tratamento de rugas, linhas finas, manchas solares, cicatrizes de acne e textura irregular da pele. Esse laser cria microablação na pele, tem o maior efeito na remodelação do colágeno dérmico, promovendo regeneração cutânea e consequente melhoria da flacidez da pele.

2- Erbium :YAG. 2.940 nm este laser atua removendo as camadas superficiais da pele, estimulando a produção de colágeno e promovendo o crescimento de uma nova pele, mais lisa e rejuvenescida, requer maior números de sessões para ablação com profundidade similar ao CO2, causa um menor dano térmico, porém e menos efetivo de melhoria da flacidez, tem menor risco de desenvolver cicatrizes.

3- laser de érbio: granada de ítrio, escândio e gálio (Er:YSGG) de comprimento de onda próprio de 2.790 nm foi introduzido no final dos anos 2000. Esse laser tem um coeficiente de absorção para a água cerca de cinco vezes maior que o do laser de CO2, portanto ele penetra menos na pele, são necessárias muitas sessões para

causar dano térmico e ablação, tendo menor eficácia quando comparado ao laser de CO2. (LYON & SILVA, 2015).

Discussão sobre os Desafios Atuais: Seleção de Pacientes, Riscos, Efeitos Adversos e Gestão de Expectativas

O colágeno e a elastina são essenciais para a estrutura da pele. Com a degeneração dessas proteínas, a pele se torna progressivamente mais rígida, o que corresponde ao envelhecimento cutâneo, afetando grande parte da população a partir dos 30 anos. Em pessoas jovens, as células mortas são substituídas por novas, mas essa substituição se torna menos eficiente com o tempo. Esse envelhecimento é caracterizado por rugas, aspereza, amarelamento, manchas pigmentadas e máculas amarronzadas.

Os lasers podem ser classificados como de "baixa potência" ou de "alta potência", sendo os primeiros sem potencial destrutivo e os segundos com potencial de destruição.

Laser não ablativo: Baixa potência. Indicado para rejuvenescimento e prevenção do envelhecimento. Estimula a produção de colágeno na derme através de uma resposta inflamatória, mas preserva a epiderme, atuando de maneira mais superficial. Portanto, seus efeitos são mais sutis do que os da abordagem ablativa (PEREIRA *et al*., 2018). Seus principais efeitos adversos incluem dor (quase universal, geralmente durante ou logo após o procedimento, sendo possível o uso de anestésicos), eritema (frequente, geralmente com duração de 24 horas) (EL AMMAR *et al*., 2010), prurido (devido à cicatrização fisiológica, manifestando-se em 90% dos casos), xerose (87% dos casos), descamação (60% dos casos) e dermatite de contato (com eritema, ardência e prurido nas primeiras quatro semanas após o procedimento, com maior tendência em indivíduos predispostos) (COSTA *et al*., 2011).

Laser ablativo: Alta potência. Indicado para cicatrizes de acne e rejuvenescimento. Promove a destruição por fototermólise da epiderme e da derme superficial, atingindo um nível mais profundo e induzindo a formação de colágeno. Os lasers usados são de CO2 e Erbium. O CO2 é indicado para tratar rugas moderadas a profundas, lesões de pele da face, cicatrizes da face e sequela de acne (leves, moderadas e profundas), enquanto o Erbium é recomendado para manchas de pele (como por exemplo o melasma), fotoenvelhecimento, lesões da pele da face e corpo, cicatrizes de queimaduras ou áreas com fibrose, sequela de acne (leves e moderadas), rugas finas a médias e discromias. Embora o Erbium seja mais seguro, seus resultados são menos pronunciados em comparação ao CO2.

A indicação do número de sessões é individual, dependendo das necessidades de cada paciente, e pode variar de uma a quatro sessões, com intervalos de quatro semanas (PEREIRA *et al*., 2018).

Os efeitos colaterais podem incluir a formação de milia (pequenos cistos de inclusão que aparecem durante a cicatrização com o uso de laser Erbium e CO2), infecções (herpes simples é a mais comum, mas também podem ocorrer infecções por *Staphylococcus epidermidis* e aureus e cândida; são menos frequentes com lasers não ablativos, por isso a profilaxia antiviral não é geralmente necessária para esses lasers, mas é essencial para os lasers ablativos), cicatrização retardada (mais comum em pessoas com doenças do colágeno, com infecções e tabagistas), que pode levar a cicatrizes inestéticas (devido ao ajuste inadequado do aparelho em termos de fluência e duração das pulsações, além de infecções). Além disso, podem ocorrer hipopigmentação e hiperpigmentação. A hipopigmentação geralmente resulta do uso de altas fluências, enquanto a hiperpigmentação pode

ocorrer mesmo com fluências baixas (EL AMMAR *et al*., 2010).

As lesões tendem a ser proporcionais à profundidade do dano cutâneo, tornando os efeitos dos lasers ablativos geralmente mais graves do que os dos lasers não ablativos. No entanto, a maioria dessas manifestações pode ocorrer com ambos os tipos de laser.

Os avanços tecnológicos, como o funcionamento dos raios laser, reduziram o risco de lesões térmicas graves; no entanto, ainda faltam estudos bem desenhados que confirmem a diminuição na incidência de efeitos colaterais. Mesmo com a melhoria dessas tecnologias, efeitos colaterais podem ocorrer, inclusive sob os cuidados de profissionais experientes. Ademais, a literatura ainda não apresenta um consenso sobre o manejo dos efeitos colaterais associados ao uso de lasers. A implementação de medidas preventivas, a rápida identificação dos efeitos colaterais e o tratamento adequado podem reduzir a incidência e as sequelas a longo prazo (COSTA *et al*., 2011).

Quanto à remoção de tatuagens, na década de 1960, era utilizado o laser de CO2, que não era específico para tatuagens, resultando em cicatrizes e hipopigmentação. Nos anos 1980, surgiu o Q-*switched*, com pulsos de nanossegundos e maior especificidade. Atualmente, o *PicoSure*, com pulsos de picossegundos, é o mais recomendado, oferecendo maior eficácia e segurança. Comparado ao Q-*switched*, o *PicoSure* demonstra maior clareamento, menos efeitos adversos e menor necessidade de tratamentos adicionais (TORBECK *et al*., 2016). Um dos possíveis efeitos adversos é o sangramento puntiforme ou a púrpura, especialmente em pacientes que usam aspirina ou anticoagulantes orais. Outros exemplos incluem bolhas e crostas, resultantes do dano térmico à epiderme devido ao uso de altas fluências. Esses efeitos podem ocorrer com outros aparelhos, mas são mais comuns com os lasers Q-*switched*. Na remoção de tatuagens a laser, também foram relatadas reações alérgicas locais, sistêmicas e urticárias, acreditando-se que ocorram devido à difusão do pigmento após sua fragmentação (EL AMMAR *et al*., 2010).

A laserterapia também é usada para tratar estrias de distensão, que resultam do estiramento da pele geralmente devido a rápidas mudanças de peso e tendem a afetar a autoestima dos pacientes. Inicialmente, essas estrias são placas eritematosas e edemaciadas (estrias rubras) que evoluem para esbranquiçadas e atróficas (estrias albas) devido à degradação e reorganização das fibras de elastina e colágeno. Atualmente, os lasers representam uma terapêutica não invasiva, que mostrou bons resultados na redução da vascularização excessiva das estrias rubras e no estímulo à produção de colágeno e elastina nas estrias albas. Estudos demonstraram que ambos os lasers, ablativo e não ablativo fracionados, apresentaram uma melhora modesta no aspecto das estrias, sendo o laser não ablativo fracionado a opção de primeira escolha para o tratamento (NEPOMUCENO; SILVA, 2018).

Em vista disso, o uso de lasers tornou-se essencial na dermatologia, oferecendo uma abordagem atraente para prevenir o envelhecimento cutâneo e promover o rejuvenescimento de forma eficaz e menos invasiva (PEREIRA *et al*., 2018).

Tendências Futuras em Tecnologia de Lasers, Novas Indicações e Abordagens Terapêuticas

A dermatologia estética está em constante evolução devido à crescente "estetização" da saúde. O aumento da indústria da beleza e seu número crescente de consumidores impulsiona

a demanda por especialistas e atividades focadas na estética. Os procedimentos estéticos devem ser personalizados para cada paciente, visando melhorar sua qualidade de vida e autoestima. Com os avanços tecnológicos e a pesquisa contínua, a especialidade continua a se expandir. Essas pesquisas proporcionam um entendimento mais profundo da biologia da pele e o desenvolvimento de técnicas mais sofisticadas (RODRIGUES *et al*., 2024).

Os procedimentos a laser tornaram-se mais precisos e seguros, sendo usados para tratar uma variedade de problemas de pele, desde manchas até cicatrizes de acne e estrias, como mencionado anteriormente. No entanto, no caso das estrias, ainda são necessários estudos futuros que forneçam medidas objetivas de avaliação dos resultados, como biópsias e estudos moleculares que demonstrem o aumento das fibras elásticas e de colágeno, correlacionando esses dados com a melhora clínica das estrias após a aplicação de lasers (NEPOMUCENO & SILVA, 2018).

Além disso, há pesquisas sobre o impacto dos lasers no reparo tecidual e na cicatrização de feridas cutâneas, processos que são bastante complexos. O tratamento com laserterapia de baixa potência mostrou uma boa resposta, com cicatrização rápida das feridas em um período médio de 48 dias. Isso sugere que a laserterapia de baixa potência é benéfica para feridas cutâneas. Contudo, são necessárias mais pesquisas para verificar a eficácia do laser em feridas (OTSUKA *et al*., 2021), afecções cutâneas, na área estética e, inclusive, em outras áreas da medicina.

Portanto, o uso de lasers está crescendo significativamente em demanda e estudos, trazendo resultados cada vez melhores e tornando o futuro da dermatologia estética ainda mais promissor.

CONCLUSÃO

A diversidade e sofisticação dos equipamentos disponíveis nos consultórios dermatológicos refletem os avanços significativos na tecnologia de tratamentos a laser. Desde lasers ablativos fracionados até luz intensa pulsada, esses dispositivos oferecem uma gama de opções para uma variedade de procedimentos estéticos e terapêuticos. A seleção criteriosa do equipamento, considerando sua finalidade específica, características de pulsação e medidas de associação, é essencial para garantir resultados eficazes e seguros.

Embora os lasers ablativos, como o CO2 e o de érbio, demonstrem resultados mais potentes, os lasers não ablativos têm ganhado popularidade devido ao menor tempo de recuperação e ao menor risco de complicações. Os estudos destacam a importância da seleção cuidadosa do tipo de laser, considerando as características individuais do paciente e da condição tratada. A pesquisa revela que tanto os lasers ablativos quanto os não ablativos têm seu papel, dependendo das necessidades específicas do paciente, e avanços contínuos na tecnologia prometem melhorar ainda mais a eficácia e a segurança dos tratamentos a laser na dermatologia estética.

Em conclusão, o laser estético tem se estabelecido como uma tecnologia fundamental na medicina moderna, especialmente na área estética. A utilização de lasers de baixa intensidade, menos invasivos que os convencionais, tem revolucionado tratamentos de rejuvenescimento, alopecia, estrias, celulite e acne. Esses lasers terapêuticos são considerados técnicas seguras e não invasivas, com mínimos efeitos colaterais ou desconforto para os pacientes. Dessa forma, a tecnologia laser continua a expandir suas aplicações, proporcionando avanços significativos

na estética e melhorando a qualidade dos tratamentos oferecidos.

Contudo, os tratamentos a laser podem apresentar uma variedade de efeitos colaterais e adversos, que podem variar de acordo com o tipo de laser utilizado, a área tratada e as características individuais do paciente. Alguns dos efeitos colaterais comuns incluem vermelhidão temporária, inchaço, sensibilidade, coceira e descamação da pele. Em casos mais raros, podem ocorrer queimaduras, bolhas, mudanças na pigmentação da pele (hiperpigmentação ou hipopigmentação), cicatrizes, infecções e reações alérgicas. É importante que os pacientes estejam cientes desses possíveis efeitos colaterais e discutam suas preocupações com um profissional de saúde antes de iniciar qualquer tratamento a laser.

As perspectivas para novos estudos em tratamentos a laser na estética são promissoras, com avanços contínuos na tecnologia e na compreensão dos efeitos dos lasers sobre a pele e os tecidos subjacentes. Futuras pesquisas podem se concentrar no desenvolvimento de lasers mais eficazes e seguros, visando uma maior precisão nos procedimentos estéticos, redução de efeitos colaterais e tempo de recuperação. Além disso, a investigação de novas aplicações para os lasers na estética, como o tratamento de novos tipos de pigmentação, rugas, cicatrizes e até mesmo na remodelação corporal não invasiva, promete expandir ainda mais o campo e proporcionar opções terapêuticas mais avançadas e personalizadas para os pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R. R., PARRISH, J. A. The Science of Photomedicine. Plenum Press, 1982.

BAE, YOON-SOO, C.; DAVID H. CIOCON. Procedimentos em Dermatologia: Laser e Cirurgia Cosmética. V.II. Disponível em: Minha Biblioteca, Thieme Brazil, 2024.

BARROS, E. S. L. F. Lasers: fundamentos e aplicações na estética: Uma revisão /Eduarda Samillye de Lima Figueiredo Barros. – Recife, 2018.

BARROS, L. F. L. et al. Tratamento de queloides e cicatrizes hipertróficas: Uma revisão descritiva. Revista Brasileira de Cirurgia Plástica, v. 38, p. 749, 2023.

CORREIA JÚNIOR, S. S. D. C., *et al*. Endolaser para rejuvenescimento facial: Uma revisão narrativa. Re-search, Society and Development, v. 12, n. 14, 2023. e129121443711.

COSTA, F. B., EL AMMAR, A. B. P. C., CAMPOS. V. B., KALIL, C. L. P. V. Complicações com o uso de lasers. Parte ii: laser ablativo fracionado e não fracionado e laser não ablativo fracionado; 2011.

Dias, L. *et al*. Laser de diodo 1470nm: uma inovadora eficiente e segura técnica de rejuvenescimento. Aesthetic Orofacial Science, v. 4, n. 2, p. 48-58, 2023.

EL AMMAR, A. B. P. C., COSTA, F. B., KALIL, C. L. P. V., CAMPOS, V. B. Complicações com o uso de lasers. Parte i: lasers não ablativos não fracionados; 2010.

GOLDMAN, L., ROCKWELL, R. J. Lasers in Medicine. New York: Gordon and Breach Science Publishers; 1971.

GOLDMAN, M. P., FITZPATRICK, R. E., editors. Cutaneous Laser Surgery: The Art and Science of Selective Photothermol-ysis. Mosby, edição 2; 1998.

HERNANDES, A. S. N. Celulite: uma breve revisão/Cellulite: a brief review. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 1, p. 4201-4212, 2022.

LOPES, J. C.; PEREIRA, L. P.; BACELAR, I. A. Laser de baixa potência na estética-revisão de literatura. Revista Saúde em Foco, v. 10, p. 429-37, 2018.

MAIMAN, T. H. Stimulated optical radiation in ruby. Série contínua Nature 4736, v. 187, p. 493-494, 1960.

MANSTEIN, D., HERRON, G. S., SINK, R. K., TANNER, H., ANDERSON, R. R. Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. Lasers in Surgery and Medicine, v. 34, n. 5, p. 426-438, 2004.

MATTOS, ROBERTO A.; KADUNC, BOGDANA V; TOSCHI, ALDO; MENDES PEIXOTO, SAMUEL; ANDRIOLO, ANNA C. Pesquisa sobre o uso de lasers e outras tecnologias pelos associados da Sociedade Brasileira de Dermatologia Surgical & Cosmetic Dermatology, v. 3, n. 4, p. 319-322, 2011.

MODENA, D. A., DE MELO YAMAMOTO, A. P., & SILVA, T. B. F. Lasers na medicina estética: estado da arte. Ciência na Sociedade: Revista Científica do Instituto Nikola Tesla, v. 1, n. 2, 2023.

OLIVEIRA, M. A. R. *et al*. Depilação à Laser: Revisão de Literatura. Revista Saúde em Foco, v. 10, n. 1, p. 447-454, 2018.

OLIVEIRA, T. Rejuvenescimento da pele por meio da utilização do laser- uma revisão sistemática da literatura. Brasília, 2016. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9039/1/21307174.pdf.

OTSUKA, A. C. V. G., MOREIRA, C. L. V., PASQUARELLI, E. W., PAVANI, K. C. P., ANJOS, P. P., HASHIMOTO, S. Y., LIMA, M. C. A., NETO, J. P. D. Terapia a laser de baixa potência no manejo da cicatrização de feridas cutâneas; 2021.

OUKI, C.; MACEA, J., TOREZAN, L.; OSÓRIO, N. Procedimentos associados à luz. In: BELDA JUNIOR, W.; DI CHIACCHIO, N.; CRIADO, P. R. Tratado de dermatologia. 4ª ed. Rio de Janeiro, São Paulo: Atheneu, v.2, p. 2845-2862, 2023.

PEREIRA, K. A. O. P., PEREIRA, L. P., BACELAR, I. A., WACHESK, C. C. Laserterapia: revisão da literatura. Revista Saúde em Foco, edição número 10, p. 516-527, 2018.

RODRIGUES, ANGELA MOREIRA. Laser no rejuvenescimento facial: aspectos técnicos e imunológicos. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Biomedicina) – Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2023.

RODRIGUES, F. M., NEVES, F. M., COUTINHO, N. L. R., CARVALHO, W. G. Evolução da dermatologia estética: uma jornada pelos avanços ao longo dos anos; 2024.

SILVA, E. G. P.; IIDA, D. F. Epilação a laser: complicações comumente identificadas. BWS Journal, v. 4, p. 1-12, 2021.

SOLIMAN M, MOHSEN SOLIMAN M, EL-TAWDY A, SHORBAGY HS. Eficácia do laser de dióxido de carbono fracionado versus microagulhamento no tratamento de striae distensae. J Cosmet Laser Ther, v. 21, n. 5, p. 270-277, 2019. Doi: 10.1080/14764172.2018.1525749. Epub 2018 15 de outubro. PMID: 30321078.

TORBECK, R., BANKOWSKI, R., HENIZE, S., SAEDI, N. Lasers in tattoo and pigmentation control: role of the Picosure laser system; 2016.

TRÍDICO, LÍVIA; ANTÔNIO, CARLOS. Laser quality switched (Q-switched): Revisão de suas variações e principais aplicabilidades clínicas. Surg. Cosmet. Dermatol. Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 274-279, 2019. https://pdfs.semanticscholar.org/05cd/1f176778f1b776e2d16788cdf9e11083e562.pdf.

WANG, B. *et al.* Efficacy of non-ablative fractional 1440-nm laser therapy for treatment of facial acne scars in patients with rosacea: a prospective, interventional study, 2020.

WILLOWNS, B. *et al.* Laser in the management of burn scars, 2017.