DERMATOLOGIA E PROCEDIMENTOS ESTÉTICOS

Edição XIV

Capítulo 26

LASER NO TRATAMENTO DE QUELOIDES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

MANUELA AMARAL GURGEL JUNQUEIRA AZEVEDO[1]
MONALY DA SILVA RIBEIRO[1]
JÚLIA CASAROTO JODAS GARDEL[1]
ANA CAROLINA ANGELINI GRILLO[1]
ISADORA DE OLIVEIRA MARIANI[1]
LARISSA PIMENTEL BREGALDA[1]
GABRIEL BORGES GONÇALVES[1]
MARCELA ARAUJO BISCARO[1]
MICHAELLA NASCIMENTO CARSOLA[1]
GIOVANA ARAÚJO MISAILIDIS[1]
RAFAELA QUEIROZ SABBAG[1]
LAURA PONTIERI BIASOTTI[1]
ISABELLA PIMENTEL MELLO PADOVANI[1]
CAMILLA HERRERA MARFIL[1]

[1]Discente – Medicina da Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas-SP

Palavras-chave: *Laser; Queloide; Tratamento*

DOI 10.59290/978-65-6029-220-8.26

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

O queloide constitui uma cicatriz anômala que se estende além dos limites da lesão original, resultante de um procedimento exacerbado de fibroblastos e deposição excessiva de colágeno na derme (BERMAN *et al.*, 2017). Diferencia-se da cicatrização hipertrófica pelo seu crescimento contínuo e invasão dos tecidos adjacentes, sem tendência à regressão espontânea (BETARBET & BLALOCK, 2020). Essas lesões podem ocasionar desconforto físico e comprometimento estético, afetando a qualidade de vida dos indivíduos acometidos (HUANG *et al*., 2020).

A etiologia dos queloides permanece incompletamente elucidada, embora fatores genéticos, raciais e ambientais sejam reconhecidos como influentes em seu desenvolvimento (SADIQ *et al.*, 2020). Estudos indicam maior prevalência em indivíduos de pele mais escura, como negros e asiáticos, indicando uma predisposição genética associada a esses grupos étnicos. Além disso, a ocorrência de queloides é mais comum em pessoas jovens, com idade entre 10 e 30 anos, sendo rara em crianças e idosos (HUANG *et al*., 2020).

A incidência de queloides varia conforme a população estudada. Nos Estados Unidos, a prevalência é estimada em 1,5% da população geral, enquanto na África esse índice pode chegar a 6% (HUANG *et al*., 2020). No Brasil, embora não existam estatísticas precisas, o queloide é considerado uma lesão frequente, especialmente em regiões com maior concentração de indivíduos de pele escura (BERMAN *et al.*, 2017).

O tratamento dos queloides representa um desafio clínico, devido à sua tendência à recidiva e à resistência às terapias convencionais. Diversas abordagens terapêuticas têm sido empregadas, incluindo excisão cirúrgica, infiltração intralesional de corticosteroides, crioterapia, radioterapia e terapias a laser (BRAUN *et al*., 2016). Recentemente, a utilização de laser fracionado de dióxido de carbono (CO_2) demonstrou resultados promissores na remodelação do tecido cicatricial e na redução dos sintomas associados (PARK *et al.*, 2017).

Estudos recentes indicam que a combinação de terapias pode potencializar os resultados no tratamento de queloides. Por exemplo, a associação do laser fracionado de CO_2 com a aplicação tópica de corticosteroides tem mostrado eficácia na redução do volume e dos sintomas das lesões, além de diminuir as taxas de recidiva (CAVALIÉ *et al*., 2015). Entretanto, a padronização dos protocolos terapêuticos e a realização de estudos clínicos controlados são necessários para estabelecer as melhores práticas no manejo dos queloides (SABRY *et al*., 2019).

A relevância do presente estudo fundamenta-se na necessidade de ampliar o conhecimento sobre as abordagens terapêuticas dos queloides, dada sua alta prevalência e impacto clínico. A recorrência dessas lesões e a limitação das terapias convencionais impõem a necessidade de investigações mais abrangentes sobre a utilização do laser, que apresenta potencial para induzir remodelação tecidual e reduzir a sintomatologia (BRAUN *et al*., 2016). A compreensão dos mecanismos biológicos subjacentes e a definição de protocolos terapêuticos padronizados podem contribuir para maior efetividade clínica e aprimoramento das condutas dermatológicas (SABRY *et al*., 2019).

Ademais, a revisão sistemática proposta visa consolidar evidências científicas acerca da aplicação do laser no tratamento de queloides, permitindo a avaliação comparativa das diversas modalidades utilizadas. A identificação de

aspectos como tempo de resposta ao tratamento, taxas de recorrência e eventuais complicações pode auxiliar na elaboração de diretrizes clínicas mais eficazes, reduzindo a variabilidade das intervenções e otimizando os resultados terapêuticos (CAVALIÉ *et al*., 2015).

O presente estudo tem por objetivo analisar a aplicação do laser no tratamento de queloides, com ênfase na eficiência terapêutica, mecanismos biológicos subjacentes e desfechos clínicos observados em estudos recentes. Busca-se consolidar evidências acerca da efetividade das diferentes modalidades de laser, elucidar as vantagens e limitações dessa abordagem terapêutica e propor diretrizes baseadas na literatura científica para otimização dos resultados clínicos.

Referencial Teórico

O processo de cicatrização da pele é um complexo que envolve uma série de celulares e moléculas, fundamentais para a restauração da integridade do tecido após uma lesão. Este processo pode ser dividido em três fases principais: inflamatória, proliferativa e de maturação (BERMAN *et al.*, 2017; SADIQ *et al.*, 2020).

Na fase inflamatória, que se inicia imediatamente após a lesão, ocorre a ativação da cascata de coagulação. As placas se agregam e formam um coágulo que serve como barreira contra infecções. Durante os primeiros três dias, houve um aumento da permeabilidade vascular, permitindo a propagação de células inflamatórias para o local da ferida. Essas células, como neutrófilos e macrófagos, desempenham um papel crucial na limpeza do tecido necrótico e na liberação de mediadores químicos que promovem a cicatrização (HUANG *et al*., 2020; BETARBET & BLALOCK, 2020).

A fase proliferativa começa cerca de três dias após a lesão e pode durar algumas semanas **(Figura 26.1)**. Durante esta fase, o tecido de granulação se forma, caracterizado pela presença de fibroblastos e novos vasos sanguíneos (angiogênese). Os fibroblastos sintetizam colágeno, que é essencial para a estrutura do novo tecido. A epitelização ocorre quando as células epiteliais migram sobre a superfície da ferida, formando uma nova camada protetora (BRAUN *et al*., 2016; PARK *et al.*, 2017). A formação do tecido de granulação é vital, pois fornece uma matriz para as células que irão preencher a ferida (CAVALIÉ *et al*., 2015).

Figura 26.1 Fase proliferativa do processo de cicatrização

Fonte: Adaptado de Guimarães, 2017

A fase de reparação ou maturação, que pode durar meses ou até anos, envolve uma remodelação do colágeno depositado **(Figura 26.2)**. Nesta fase, o colágeno tipo III inicial é gradualmente aumentado pelo colágeno tipo I mais forte e organizado. A vascularização diminui e a cicatriz se torna menos vascularizada e mais avascular ao longo do tempo. O resultado é uma cicatriz que possui aproximadamente 80% da força da pele original (SABRY *et al*., 2019; RAHMAN *et al.*, 2021).

Figura 26.2 Fase de maturação do processo de cicatrização

Fonte: Adaptado de Guimarães, 2017

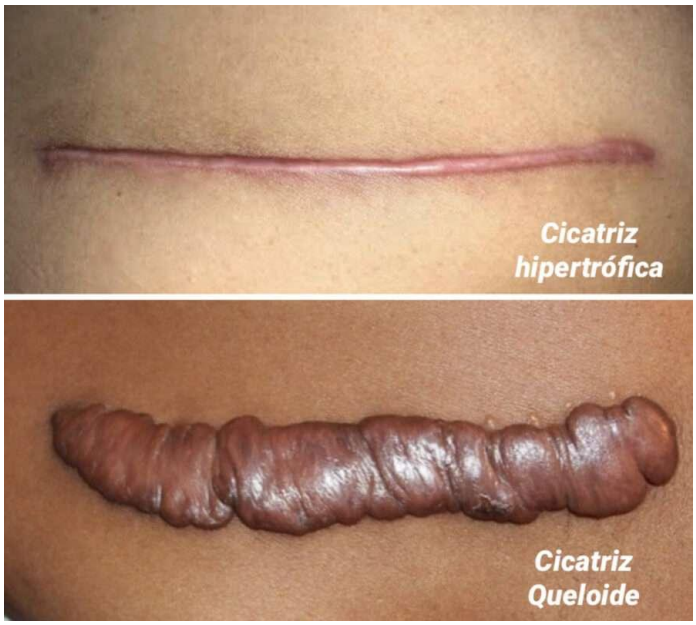
É importante ressaltar que essas fases não ocorrem de maneira linear; elas podem se sobrepor e interagir entre si durante o processo cicatricial. A eficiência da cicatrização pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo idade, estado nutricional e presença de doenças sistêmicas como diabetes (KHATTAB *et al*., 2020; MEYMANDI *et al.*, 2016).

Além das fases clássicas de cicatrização, alguns autores sugerem que a coagulação deve ser considerada como uma fase inicial separada devido à sua importância na formação do coágulo e na ativação subsequente das células inflamatórias (ALSHARNOUBI *et al*., 2018). Essa abordagem destaca a complexidade do processo cicatricial e a necessidade de um entendimento abrangente para atualizações clínicas.

A compreensão dos mecanismos envolvidos na cicatrização é fundamental para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas eficazes em casos de cicatrização afetada ou formação de cicatrizes hipertróficas e queloides (BEHERA *et al*., 2016). O manejo clínico deve considerar tanto as características da lesão quanto as particularidades do paciente para promover uma cicatrização adequada.

Os queloides representam uma desordem fibroproliferativa caracterizada pelo crescimento exacerbado do tecido cicatricial além dos limites da lesão original **(Figura 26.3)**. Sua patogênese envolve hiperatividade de fibroblastos e aumento da deposição de colágeno, especialmente os tipos I e III, levando a uma cicatrização e volumosa. Diferentemente das cicatrizes hipertróficas, os queloides não regridem espontaneamente e podem continuar a crescer indefinidamente (BERMAN *et al.*, 2017).

Figura 26.3 Aspecto morfológico de um queloide e cicatriz hipertrófica



Fonte: Dermatologia & Saúde (2022)

A etiologia dos queloides ainda não está completamente elucidada, mas estudos apontam fatores genéticos, inflamatórios e ambientais como determinantes para o seu desenvolvimento. Indivíduos com predisposição genética apresentam uma resposta exagerada ao trauma cutâneo, resultando em controle excessivo de fibroblastos e aumento da síntese de matriz extracelular. A predisposição racial é outro fator relevante, sendo mais comum em indivíduos de pele negra e asiática, indicando uma influência de variações genéticas relacionadas à cicatrização anômala (SADIQ *et al.*, 2020).

Morfologicamente, os queloides apresentam-se como lesões elevadas, suportáveis e de contornos irregulares, que ultrapassam os limites da ferida inicial. Sua coloração pode variar de rosado a hiperpigmentado, dependendo das características da pele do indivíduo. A histopatologia revela um aumento da densidade de fibroblastos, reorganização anômala das fibras colágenas e intensa vascularização, fatores que diminuem para sua persistência e dificuldade de tratamento (HUANG *et al.*, 2020).

As causas associadas ao desenvolvimento dos queloides incluem traumas cutâneos, queimaduras, incisões cirúrgicas, perfurações, inflamações e acne. Além disso, distúrbios hormonais e estados de hipermetabolismo podem influenciar a resposta cicatricial, favorecendo a formação de queloides. A resposta inflamatória prolongada na fase inicial da cicatrização induz uma ativação persistente dos fibroblastos e uma produção descontrolada de colágeno, impedindo a remodelação tecidual adequada (BETARBET & BLALOCK, 2020).

O tratamento dos queloides é um desafio clínico devido à sua alta taxa de recorrência e à resposta variável às terapias disponíveis. Os métodos convencionais incluem infiltração intralesional de corticosteróides, crioterapia, excisão cirúrgica e radioterapia superficial. A infiltração com corticosteróides, especialmente a triancinolona, reduz a oferta de colágeno e promove a apoptose de fibroblastos, sendo amplamente utilizada como primeira linha terapêutica (PARK *et al.*, 2017).

A terapia a laser tem sido investigada como uma alternativa promissora no manejo dos queloides, devido à sua capacidade de modular a resposta inflamatória e remodelar o tecido cicatricial. O laser fracionado de CO_2, por exemplo, induz microperfurações na derme, estimulando a regeneração tecidual e diminuindo a posição excessiva de colágeno. Já o laser de corante pulsado (PDL) atua na vascularização do queloide, reduzindo a hiperemia e o crescimento fibroproliferativo (CAVALIÉ *et al*., 2015).

Estudos demonstram que a associação do laser com outras terapias, como a infiltração de corticosteróides ou aplicação tópica de 5-fluorouracil, melhora os estágios clínicos, diminuindo a espessura e a recorrência das lesões. A aplicação do laser também favorece a permeabilidade da pele para fármacos, otimizando a eficácia terapêutica dessa substância (BRAUN *et al*., 2016).

O mecanismo de ação do laser no tratamento dos queloides envolve uma indução de apoptose em fibroblastos hiperativos, redução da angiogênese e modulação da elasticidade do colágeno. Dependendo do comprimento da onda e do tipo de laser utilizado, diferentes efeitos podem ser obtidos, como a destruição térmica seletiva dos vasos sanguíneos ou o estímulo da restrição da matriz extracelular (SABRY *et al*., 2019).

Apesar dos avanços na terapia a laser, ainda há necessidade de padronização dos protocolos clínicos para sua aplicação. A escolha do tipo de laser, intensidade, número de sessões e combinação com outras modalidades terapêuticas deve considerar as características individuais da lesão e a resposta do paciente. Ensaios clínicos avaliados e estudos longitudinais são essenciais para definir as melhores práticas no manejo dos queloides com tecnologia a laser (RAHMAN; *et al.*, 2021).

Portanto, a compreensão aprofundada da fisiopatologia dos queloides e dos mecanismos de ação das terapias a laser pode contribuir para o desenvolvimento de abordagens mais eficazes e personalizadas. A integração de diferentes modalidades terapêuticas e o avanço das pesquisas na área podem aprimorar os resultados clínicos, diminuir a recorrência e melhorar a qualidade de vida dos pacientes acometidos por essa condição (KHATTAB *et al*., 2020).

METODO

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem exploratória e descritiva, fundamentando-se na revisão sistemática da literatura. A abordagem adotada é qualitativa, uma vez que busca analisar e sintetizar os achados científicos disponíveis, fornecendo um panorama detalhado sobre a utilização do laser no tratamento de queloides. A condução da pesquisa segue os protocolos recomendados para revisões sistemáticas, garantindo rigor metodológico na seleção e análise dos estudos incluídos.

A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados de ampla relevância na área da Saúde, incluindo PubMed, Scopus, *Web of Science*, Embase e Cochrane Library. A seleção dessas plataformas é fundamentada na abrangência e na indexação de periódicos com alto impacto científico. A estratégia de busca foi estruturada por meio de uma formulação de descritores padronizados e termos controlados, utilizando a terminologia registrada nos vocabulários MeSH (*Medical Subject Headings*) e DeCS (Descritores em Ciências da Saúde).

A combinação dos termos foi realizada por meio dos operadores booleanos *AND*, *OR* e NOT, possibilitando a ampliação e refinamento dos resultados recuperados. Os descritores empregados na busca incluíram: "laserterapia", "tratamento de queloide", "laser fracionado",

"cicatriz hipertrófica", "laser de corante pulsado" e "revisão de cicatriz". A estratégia de busca foi testada e ajustada conforme a especificidade de cada base consultada, garantindo maior precisão na obtenção de artigos pertinentes ao tema.

Os critérios de inclusão estabelecidos para a seleção dos estudos englobaram publicações científicas indexadas nos últimos dez anos, disponibilizadas nos idiomas português, inglês e espanhol. Foram considerados apenas ensaios clínicos planejados, estudos de coorte e revisões sistemáticas que abordassem diretamente a aplicação do laser no tratamento de queloides. Estudos que apresentam dados, metodologias convencionais ou que abordam tratamentos não relacionados ao laser insuficiente foram excluídos da análise.

A coleta de dados foi realizada por meio de triagem inicial dos títulos e resumos dos estudos recuperados, seguida da leitura integral dos artigos selecionados. A remoção dos dados contém informações sobre o tipo de laser utilizado, parâmetros de aplicação, tempo de seguimento, desfechos clínicos, taxas de recorrência e efeitos adversos relatados. Para garantir a acurácia da coleta, os dados foram organizados em planilhas estruturadas, permitindo comparações e categorização das evidências encontradas.

A amostragem da revisão sistemática foi definida em conformidade com a aplicabilidade dos critérios de elegibilidade, reunindo o maior número possível de estudos relevantes. Foram incluídos apenas artigos com delineamento metodológico robusto e que apresentam resultados consistentes sobre a eficácia do laser na modulação do tecido cicatricial. A análise dos dados recolhidos com respeito aos princípios da síntese qualitativa, permitindo a integração e a interpretação das evidências disponíveis na literatura científica.

A interpretação dos achados observados por meio da comparação crítica entre os estudos incluídos, levando em consideração aspectos como variabilidade dos protocolos terapêuticos, impacto clínico do tratamento e limitações metodológicas das pesquisas apresentadas. O processo de análise foi lento de forma sistemática, evoluindo identificando padrões, divergências e lacunas de conhecimento, permitindo uma compreensão abrangente sobre a aplicabilidade do laser no manejo de queloides.

A confiabilidade da análise foi assegurada por meio da utilização de ferramentas específicas para avaliação da qualidade metodológica dos estudos selecionados. Foram utilizados instrumentos padronizados para a verificação do risco de viés, permitindo a exclusão de estudos com fragilidades metodológicas que poderiam comprometer a validade dos achados. Além disso, uma análise da consistência interna dos dados coletados foi realizada com base na triangulação das fontes, garantindo maior robustez interpretativa.

Os resultados da revisão sistemática foram organizados e apresentados de maneira estruturada, enfatizando as principais evidências sobre a eficácia e segurança do laser no tratamento de queloides. Uma visão geral das informações foi realizada por meio da categorização dos estudos conforme o tipo de laser testado, características das evidências encontradas, parâmetros de aplicação e estágios terapêuticos observados. Os resultados da revisão sistemática foram organizados e apresentados de maneira estruturada, enfatizando as principais evidências sobre a eficácia e segurança do laser no tratamento de queloides. Uma visão geral das informações foi realizada por meio da categorização dos estudos conforme o tipo de laser testado, características das evidências encontradas, parâmetros de aplicação e estágios terapêuticos observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão sistemática realizada incluiu a identificação de estudos que avaliaram a eficácia do laser no tratamento de queloides. Foram estudados diferentes tipos de laser, incluindo o laser fracionado de CO_2, o laser de corante pulsado (PDL), o laser Nd :YAG e o laser de érbio :YAG **(Tabela 26.1)**. Os estudos apresentaram variações na resposta terapêutica de acordo com o tipo de laser empregado, tempo de tratamento, número de sessões e associação com outras terapias adjuvantes (BERMAN *et al.*, 2017).

A análise dos resultados indicou que o laser fracionado de CO_2 apresentou melhora na textura do dano e redução da espessura do queloide. O mecanismo de ação desse laser está associado à indução de microperfurações na derme, promovendo a remodelação do colágeno (CAVALIÉ *et al.*, 2015). Estudos apontaram que a combinação desse tipo de laser com corticosteroides intralesionais aumentou a taxa de resposta ao tratamento, diminuindo a recorrência das lesões (PARK *et al.*, 2017).

Tabela 26.1 Comparação entre os tipos de laser utilizados no tratamento de queloides

Tipo de Laser	Mecanismo de Ação	Número Médio de Sessões	Taxa de Melhora Clínica (%)	Principais Efeitos Adversos
CO_2 fracionado	Remodelação tecidual	3 a 5	70-80	Hiperemia, hipopigmentação
Corante pulsado	Redução da vascularização	4 a 6	60-70	Eritema, desconforto local
E:YAG	Modulação do colágeno	5 a 7	50-65	Despigmentação, dor local

Os dados também demonstraram que o laser de corante pulsado (PDL) promove uma redução significativa da vascularização dos queloides, interferindo na angiogênese e atenuando a hiperemia da lesão. Esse mecanismo pode ser modificado para melhorar a estética observada em pacientes tratados com essa modalidade terapêutica. Entretanto, estudos indicam que a eficácia do PDL isolado pode ser inferior à observada com o laser de CO_2, especialmente em queloides mais espessos (BRAUN *et al.*, 2016).

A eficácia do laser Nd:YAG foi avaliada em estudos que analisaram sua penetração profunda na derme e sua capacidade de reduzir a rotina de fibroblastos hiperativos. Os resultados apontaram melhora clínica significativa, especialmente quando associados a substâncias antifibróticas, como o verapamil ou o 5-fluorouracil. A aplicação do Nd:YAG demonstrou uma ação moduladora na elasticidade do colágeno, diminuindo a rigidez da cicatrização **(Tabela 26.2)** (SABRY *et al.*, 2019).

Tabela 26.2 Vantagens e limitações dos diferentes tipos de laser

Tipo de Laser	Vantagens	Limitações
CO_2 fracionado	Eficiente na remodelação tecidual, menor taxa de recidiva	Pode causar hipopigmentação em peles escuras
Corante pulsado	Atua diretamente na vascularização do queloide	Necessita de um maior número de sessões para resultados significativos

E :YAG	Ação profunda na derme, modula a elasticidade do colágeno	Menor eficácia na redução da espessura do queloide

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

A comparação entre os tipos de laser revelou diferenças na taxa de recidiva dos queloides após o término do tratamento. O laser de CO_2, especialmente quando combinado com corticosteróides, apresentou os menores índices de recorrência. Já o laser PDL e o Nd :YAG apresentaram eficácia moderada, exigindo um maior número de sessões para alcançar abordagens mais abrangentes. A heterogeneidade dos protocolos nos estudos avaliados impõe limitações à comparação direta dos resultados (RAHMAN *et al.*, 2021).

A combinação do laser com outras terapias, como infiltração de corticosteróides e aplicação tópica de substância antifibrótica, evidenciou um efeito sinérgico na remodelação tecidual **(Tabela 26.3)**. A integração dessas abordagens demonstra uma redução mais acentuada da espessura dos queloides e melhora nos sintomas associados, como dor e prurido. Os dados sugerem que o tratamento multimodal pode fornecer maior eficácia na abordagem terapêutica (KHATTAB *et al*., 2020).

Tabela 26.3 Associação do laser com outras terapias

Terapia Associada	Benefícios	Observações
Corticosteróides	Redução da elasticidade do colágeno, melhora da resposta inflamatória	Potencializa a eficácia do laser de CO_2
5-Fluorouracil	Inibição da prevenção de fibroblastos	Uso combinado com laser Nd :YAG melhora os avanços clínicos
Verapamil	Redução da dor do queloide	Efeito antifibrótico auxilia na remodelação do tecido

Fonte: Dados da Pesquisa (2025)

Os estudos analisados também relataram efeitos adversos associados ao uso do laser, incluindo hipopigmentação, hiperemia transitória e desconforto local. A incidência desses eventos varia de acordo com o tipo de laser utilizado e as configurações de aplicação. O uso de energias mais elevadas e a falta de protocolos bem estabelecidos foram fatores que influenciaram a ocorrência de complicações (BETARBET & BLALOCK, 2020).

A avaliação da satisfação dos pacientes tratados com laser indicou que a maioria dos indivíduos melhorou na aparência da cicatrização e redução dos sintomas. Entretanto, foi observada variabilidade na resposta ao tratamento, indicando a necessidade de uma abordagem individualizada para melhorar os resultados clínicos. A personalização das configurações do laser e a seleção criteriosa dos pacientes foram apontadas como estratégias para aumentar a efetividade do tratamento (MEYMANDI *et al.*, 2016).

Uma análise quantitativa dos estudos revelou que a taxa média de melhoria clínica variou entre 50% e 80%, dependendo do tipo de laser e das características dos queloides tratados. Os resultados foram mais expressivos nos casos em que o laser foi utilizado em associação com outras terapias. A padronização dos protocolos e a realização de estudos de longo prazo foram

recomendadas para consolidar as evidências sobre a eficácia do laser no manejo dos queloides (ALSHARNOUBI *et al*., 2018).

Os achados da revisão sistemática reforçam a relevância do laser como uma ferramenta terapêutica promissora no tratamento dos queloides. A escolha da modalidade mais adequada deve considerar as características individuais da lesão e a resposta ao tratamento. O desenvolvimento de novas pesquisas com metodologia rigorosa poderá contribuir para o refinamento dos protocolos clínicos e a ampliação das opções terapêuticas disponíveis (BEHERA *et al*., 2016).

Uma análise dos estudos revisados demonstra que o uso do laser no tratamento de queloides é uma abordagem promissora, com evidências apontando para sua eficácia na remodelação do tecido cicatricial e na modulação da resposta inflamatória. Diferentes tipos de laser foram avaliados, sendo o CO_2 fracionado, o corante pulsado (PDL) e o Nd :YAG os mais frequentemente utilizados. Os resultados indicam que a escolha do tipo de laser deve considerar as características clínicas do queloide, a resposta técnica ao tratamento e a combinação com outras abordagens terapêuticas (BERMAN *et al.*, 2017).

Os estudos científicos sugerem que o laser CO_2 fracionado é eficaz na remodelação dérmica e na redução da hiperplasia fibroblástica, promovendo melhoria na textura e na espessura da lesão (CAVALIÉ *et al*., 2015). Essa modalidade atua por meio da indução de microperfurações térmicas na pele, estimulando a regeneração tecidual e a reorganização das fibras colágenas. Além disso, a combinação desse laser com corticosteroides tem se mostrado eficaz na redução da recorrência dos queloides, evidenciando um efeito sinérgico entre as duas abordagens terapêuticas (PARK *et al.*, 2017).

Por outro lado, o laser de corante pulsado (PDL) tem sido amplamente utilizado devido à sua capacidade de reduzir a vascularização dos queloides, minimizando a hiperemia e a inflamação associada às lesões (BRAUN *et al*., 2016). Estudos apontam que essa modalidade de laser apresenta bons resultados quando utilizada em lesões recentes e bem vascularizadas, contribuindo para a interrupção da progressão fibroproliferativa. Entretanto, sua eficácia isolada parece ser inferior à observada com o CO_2 fracionado, especialmente em queloides de maior espessura (SABRY *et al*., 2019).

O laser Nd :YAG também se destaca por sua penetração profunda na derme e sua ação direta sobre os fibroblastos hiperativos. Estudos indicam que sua aplicação reduz a produção excessiva de colágeno e melhora a flexibilidade da cicatrização (RAHMAN *et al.*, 2021). Contudo, a taxa de recidiva das lesões tratadas com essa abordagem ainda é relativamente elevada, indicando que sua associação com substâncias moduladoras da cicatrização, como o verapamil ou o 5-fluorouracil, pode melhorar os resultados terapêuticos (KHATTAB *et al*., 2020).

A revisão dos resultados evidencia que a combinação do laser com outras terapias, como a infiltração de corticosteróides e a aplicação de agentes antifibróticos, resulta em melhores estudos clínicos. Estudos demonstram que a associação do laser CO_2 com a infiltração de triancinolona promove redução mais expressiva da espessura dos queloides e menor taxa de recidiva, quando comparada ao uso isolado de cada terapia (CAVALIÉ *et al*., 2015). Da mesma forma, o uso combinado do Nd :YAG com verapamil mostrou melhora na flexibilidade do tecido cicatricial, conferindo maior funcionalidade à área tratada (SABRY *et al*., 2019).

Apesar dos avanços no tratamento a laser, ainda há desafios a serem superados. A variabilidade na resposta dos pacientes e a ausência de protocolos padronizados dificultam a obtenção de resultados consistentes (BETARBET &

BLALOCK, 2020). Além disso, os efeitos adversos associados ao laser, como hipopigmentação, eritema transitório e desconforto local, devem ser considerados no planejamento terapêutico (MEYMANDI *et al.*, 2016).

Outro fator relevante discutido nos estudos desenvolvidos é a importância do tempo de início do tratamento. Evidências sugerem que o uso precoce do laser, em estágios iniciais da cicatrização, pode ser mais eficaz na prevenção da formação do queloide e na minimização da hiperplasia fibroblástica (ALSHARNOUBI *et al.*, 2018). Esse dado reforça a necessidade de uma abordagem preventiva, especialmente em indivíduos predispostos ao desenvolvimento de queloides.

A satisfação dos pacientes tratados com laser também foi avaliada nos estudos revisados. A maioria dos pacientes relatou melhora estética e redução dos sintomas associados, como dor e prurido, corroborando a efetividade dessa modalidade terapêutica. No entanto, a variabilidade na resposta individual sugere que a personalização do tratamento, com ajuste dos parâmetros do laser e seleção criteriosa dos pacientes, pode ser determinante para otimização dos resultados clínicos (BEHERA *et al.*, 2016).

A necessidade de estudos clínicos controlados de longo prazo também foi enfatizada na literatura revisada. Embora os dados atuais apontem benefícios do uso do laser no manejo dos queloides, há uma carência de ensaios clínicos planejados que avaliam a durabilidade dos efeitos terapêuticos e as melhores combinações terapêuticas (BRAUN *et al.*, 2016). A definição de protocolos clínicos mais estruturados pode contribuir para maior reprodutibilidade dos achados e aprimoramento das estratégias terapêuticas.

Dessa forma, os resultados propostos indicam que o laser é uma alternativa promissora no tratamento dos queloides, especialmente quando adicionado a outras abordagens terapêuticas. A escolha da modalidade mais adequada deve considerar as características individuais do paciente e a resposta ao tratamento. A realização de novos estudos poderá fornecer diretrizes mais claras para a otimização do uso do laser na prática clínica, consolidando essa abordagem como parte essencial do manejo dos queloides.

CONCLUSÃO

O presente estudo analisou a aplicação do laser no tratamento de queloides, por meio de uma revisão sistemática da literatura, evidenciando que essa tecnologia representa uma alternativa terapêutica viável para o manejo dessas lesões fibroproliferativas. Os resultados demonstram que diferentes tipos de laser apresentam mecanismos de ação distintos, com impacto variado na remodelação do colágeno, na vascularização da cicatrização e no benefício da hiperplasia fibroblástica. Dentre os métodos avaliados, o laser fracionado de CO_2 demonstrou maior eficácia na reorganização do tecido cicatricial, enquanto o laser de corante pulsado se mostrou útil na redução da vascularização dos queloides. O laser Nd:YAG, por sua vez, apresentou efeitos positivos na modulação da síntese de colágeno e melhora da flexibilidade do tecido cicatricial.

Os dados revisados ressaltam que a resposta clínica ao laser varia conforme o tipo de queloide tratado, a combinação com outras abordagens terapêuticas e a individualização dos parâmetros do procedimento. A associação do laser com corticosteroides, 5-fluorouracil e verapamil evidenciou potencial terapêutico superior ao uso isolado do laser, demonstrando que uma abordagem combinada pode aprimorar os avanços clínicos e reduzir a taxa de recorrência das lesões. No entanto, a heterogeneidade dos protocolos de aplicação e a falta de padronização

dos parâmetros dificultam a comparação direta entre os estudos e impõem desafios para a formulação de diretrizes terapêuticas bem definidas.

A revisão dos estudos também demonstrou que, apesar da eficácia terapêutica do laser, existem limitações que podem ser consideradas, incluindo os efeitos adversos relacionados ao procedimento, como hiperemia transitória, hipopigmentação e desconforto local. Além disso, a necessidade de múltiplas sessões para obtenção de resultados esmagadores e a variabilidade na resposta individual reforçam a importância de uma seleção criteriosa dos pacientes e da adaptação dos protocolos clínicos de acordo com as características específicas de cada caso.

Outro aspecto relevante identificado foi a influência do momento de início do tratamento na efetividade da terapia a laser. Evidências demonstram que a aplicação precoce do laser, especialmente em cicatrizes recém-formadas, pode reduzir o tratamento fibroblástico e minimizar a formação de queloides, lembrando que essa modalidade terapêutica pode ser incorporada tanto na prevenção quanto no tratamento das lesões prejudiciais.

A satisfação dos pacientes tratados com laser demonstrada foi elevada nos estudos revisados, especialmente nos casos em que houve melhora estética da cicatrização e interrupção dos sintomas associados, como dor e prurido. No entanto, a variabilidade na resposta individual reforça a necessidade de estudos adicionais para aperfeiçoamento dos critérios de indicação e da definição dos protocolos ideais para cada perfil de paciente.

Considerando a importância do manejo dos queloides e as limitações das abordagens convencionais, o laser se apresenta como uma alternativa terapêutica relevante, com potencial para melhorar os resultados clínicos e estéticos. Entretanto, para que essa tecnologia seja amplamente comprovada na prática clínica, é fundamental que sejam realizados ensaios clínicos controlados e estudos de longo prazo que permitam uma melhor compreensão da durabilidade dos efeitos terapêuticos e a determinação das melhores terapias terapêuticas.

A partir dos resultados deste estudo, destaca-se a necessidade de maior padronização dos protocolos de tratamento a laser para queloides, garantindo maior reprodutibilidade dos resultados e otimização da prática clínica. Além disso, a incorporação de novas tecnologias, como sistemas de entrega de medicamentos associados ao laser, pode representar um avanço significativo no tratamento dessas lesões, ampliando as possibilidades terapêuticas e diminuindo a taxa de recorrência.

Desta forma, a utilização do laser no tratamento de queloides se configura como uma estratégia promissora, mas que ainda exige refinamento e maior evidência científica para sua aplicação mais ampla. A definição de diretrizes bem fundamentadas, baseadas em evidências robustas, permite uma melhor integração da tecnologia na dermatologia e na cirurgia plástica, fornecendo aos pacientes alternativas terapêuticas mais eficazes e seguras.

Por fim, os resultados desta revisão sistemática sugerem que o laser pode desempenhar um papel fundamental na terapêutica dos queloides, desde que seja empregado de maneira criteriosa e em consonância com outros métodos complementares. A continuidade das pesquisas na área poderá contribuir para o aprimoramento dos protocolos clínicos e para a ampliação das perspectivas terapêuticas, consolidando o uso dessa tecnologia no manejo das cicatrizes patológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSHARNOUBI, J. *et al*. Evaluation of Scars in Children After Treatment with Low-level Laser. Lasers in Medical Science, v. 33, p. 1991-1995, 2018. DOI: 10.1007/s10103-018-2572-z

BEHERA, B. *et al*. Therapeutic Efficacy of Intralesional Steroid with Carbon Dioxide Laser Versus with Cryotherapy in Treatment of Keloids: A Randomized Controlled Trial. Dermatologic Surgery, v. 42, n. 10, p. 1188-1198, 2016. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000873

BERMAN, B.; MADERAL, A.; RAPHAEL, B. Keloids and Hypertrophic Scars: Pathophysiology, Classification, and Treatment. Dermatologic Surgery, v. 43, p. S3-S18, 2017. DOI: 10.1097/DSS.0000000000000819.

BETARBET, U.; BLALOCK, TW. Keloids: A Review of Etiology, Prevention, and Treatment. The Journal of clinical and aesthetic dermatology, v. 13, n. 2, p. 33, 2020.

BRAUN, SA. *et al*. Laser-assisted Drug Delivery: Mode of Action and Use in Daily Clinical Practice. JDDG: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, v. 14, n. 5, p. 480-488, 2016. DOI: 10.1111/ddg.12963.

CAVALIÉ, M. *et al*. Treatment of Keloids with Laser-assisted Topical Steroid Delivery: A Retrospective Study of 23 Cases. Dermatologic Therapy, v. 28, n. 2, p. 74-78, 2015. DOI: 10.1111/dth.12187.

HUANG, C. *et al*. The Epidemiology of Keloids. Textbook on Scar Management: State of The Art Management and Emerging Technologies, p. 29-35, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44766-3_4.

KHATTAB, FM. *et al*. Combination of Pulsed Dye Laser and Verapamil in Comparison with Verapamil Alone in the Treatment of Keloid. Journal of Dermatological Treatment, 2020. DOI: 10.1080/09546634.2019.1610550.

MEYMANDI, SS.; MOOSAZADEH, M.; REZAZADEH, A. Comparing Two Methods of Cryotherapy and Intense Pulsed Light with Triamcinolone Injection in the Treatment of Keloid and Hypertrophic Scars: A Clinical Trial. Osong public health and research perspectives, v. 7, n. 5, p. 313-319, 2016. DOI: 10.1016/j.phrp.2016.08.005.

PARK, JH.; CHUN, JY.; LEE, JH. Laser-assisted Topical Corticosteroid Delivery for the Treatment of Keloids. Lasers in medical science, v. 32, p. 601-608, 2017. DOI: 10.1007/s10103-017-2154-5.

RAHMAN, SHA.; MOHAMED, MS.; HAMED, AM. Efficacy and Safety of Nd: YAG Laser Alone Compared with Combined Nd: YAG Laser with Intralesional Steroid or Botulinum Toxin A in the Treatment of Hypertrophic Scars. Lasers in medical science, v. 36, p. 837-842, 2021. DOI: 10.1007/s10103-020-03120-0.

SABRY, HH. *et al*. The Efficacy of Combining Fractional Carbon Dioxide Laser with Verapamil Hydrochloride or 5-Fluorouracil in the Treatment of Hypertrophic scars and Keloids: A Clinical and Immunohistochemical Study. Dermatologic Surgery, v. 45, n. 4, p. 536-546, 2019. DOI: 10.1097/DSS.0000000000001726.

SADIQ, A.; KHUMALO, NP.; BAYAT, A. Genetics of Keloid Scarring. Textbook on Scar Management: State of the Art Management and Emerging Technologies, p. 61-76, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-44766-3_8.

SAHIB, NH. *et al*. The Role of Fractional co2 Laser in Treatment of Keloid and Hypertrophic Scar Used Alone and in Combination with Intralesional Steroids. Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology, v. 14, n. 3, p. 1545-1550, 2020. DOI: https://doi.org/10.37506/ijfmt.v14i3.10638.

WOO, DK. *et al*. Prospective Controlled Trial for the Treatment of Acne Keloidalis Nuchae with a Long-Pulsed Neodymium-Doped Yttrium-aluminum-garnet Laser. Journal of cutaneous medicine and surgery, v. 22, n. 2, p. 236-238, 2018. DOI: 10.1177/1203475417739846.