www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/rh7yjh77

O uso do laser ILIB na cicatrização: uma revisão integrativa da literatura

The use of ILIB laser in wound healing: an integrative literature review

Josiane Aparecida Nibichiniack[1]
Bianca Brandi Ferreira Ramos (Orientadora)

RESUMO

A cicatrização de feridas é um processo biológico complexo, dinâmico e dependente da integração entre células, mediadores solúveis, matriz extracelular e suprimento sanguíneo adequado. Alterações sistêmicas, como o diabetes mellitus, a insuficiência vascular e os estados inflamatórios crônicos, podem comprometer esse processo e resultar em feridas de difícil resolução. Nesse contexto, a fotobiomodulação (FBM) tem sido amplamente estudada como recurso adjuvante, e a irradiação laser intravascular do sangue (*Intravascular Laser Irradiation of Blood* – ILIB) desperta interesse por propor uma ação sistêmica, e não apenas local. O objetivo deste estudo foi analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, as evidências disponíveis sobre o uso da ILIB e seus fundamentos fotobiológicos no processo de cicatrização de feridas. A síntese evidencia que os mecanismos propostos para a ILIB incluem a modulação da atividade mitocondrial, a liberação de óxido nítrico, a redução do estresse oxidativo, a melhora dos parâmetros reológicos do sangue e a modulação de citocinas. Estudos experimentais e *in vitro* sustentam a plausibilidade biológica desses efeitos; entretanto, a literatura clínica específica sobre ILIB e cicatrização é escassa, heterogênea quanto aos parâmetros dosimétricos e, em sua maioria, de baixo nível de evidência. Conclui-se que a ILIB é uma abordagem biologicamente plausível e potencialmente promissora como coadjuvante, mas que ensaios clínicos randomizados, controlados e com protocolos padronizados são necessários antes do estabelecimento de recomendações firmes.

Palavras-chave: Terapia com luz de baixa intensidade. Cicatrização de feridas. Irradiação laser intravascular do sangue. Fotobiomodulação.

ABSTRACT

Wound healing is a complex, dynamic biological process that relies on the integration of cells, soluble mediators, the extracellular matrix, and an adequate blood supply. Systemic conditions, such as diabetes mellitus, vascular insufficiency, and chronic inflammatory states, can compromise this process and lead to wounds that are difficult to heal. In this context, photobiomodulation (PBM) has been widely studied as an adjunctive therapy. Specifically, Intravascular Laser Irradiation of Blood (ILIB) has attracted interest because of its potential systemic, rather than merely local, effects. This study aimed to analyze, through an integrative literature review, the available evidence on the use of ILIB and its photobiological foundations in the wound-healing process. The synthesis indicates that the proposed mechanisms of ILIB include the modulation of mitochondrial activity, nitric oxide release, reduction of oxidative stress, improvement of blood rheological parameters, and cytokine modulation. Although experimental and *in vitro* studies support the biological plausibility of

1 Autor para correspondência: n74.josi@gmail.com.

these effects, the clinical literature specifically addressing ILIB and wound healing remains scarce, heterogeneous regarding dosimetric parameters, and largely of low methodological quality. It is concluded that ILIB is a biologically plausible and potentially promising adjunctive approach; however, randomized, controlled clinical trials with standardized protocols are required before firm recommendations can be established.

Keywords: Low-level light therapy; Wound healing; Intravascular laser irradiation of blood; Photobiomodulation.

1 INTRODUÇÃO

As feridas constituem um dos principais problemas de saúde pública em âmbito mundial. Em condições fisiológicas, o organismo é capaz de restaurar a continuidade da pele em um período relativamente previsível. Entretanto, em indivíduos idosos ou portadores de comorbidades sistêmicas, como diabetes mellitus, insuficiência vascular arterial e venosa e estados inflamatórios crônicos, o processo de reparo tecidual frequentemente encontra-se comprometido (GUO; DIPIETRO, 2010; EMING; MARTIN; TOMIC-CANIC, 2014). O impacto humano e econômico dessas lesões é considerável, pois envolvem dor, limitação funcional, risco de infecção, internações prolongadas, sofrimento psicossocial e elevados gastos para os sistemas de saúde. Diante do desafio de otimizar e acelerar a reparação tecidual, diversos recursos adjuvantes vêm sendo investigados. Entre eles, a terapia com laser de baixa intensidade, atualmente denominada fotobiomodulação (FBM), consolidou-se como uma alternativa não invasiva e de baixo risco.

As primeiras descrições sobre os efeitos da radiação laser foram realizadas por Mester e colaboradores, que, na década de 1960, observaram alterações no crescimento dos pelos de camundongos e, posteriormente, influência na cicatrização de úlceras cutâneas (MESTER; SZENDE; GÄRTNER, 1968; MESTER *et al.*, 1985). Desde então, estudos *in vitro*, experimentais e clínicos têm demonstrado que a luz vermelha e o infravermelho próximo atuam sobre fibroblastos, queratinócitos, células endoteliais e células do sistema imune (CHUNG *et al*., 2012; HAMBLIN, 2017).

O que diferencia as formas de aplicação da FBM é, em grande parte, o alvo da luz. A fotobiomodulação pode ser direcionada ao tecido lesionado ou ao sistema vascular, por via transdérmica ou intravascular, produzindo efeitos locais, sistêmicos ou ambos. Quando a irradiação é realizada no interior do vaso, a técnica é denominada irradiação laser intravascular do sangue (ILIB) (WEBER; FUßGÄNGER-MAY; WOLF, 2007; MOSKVIN, 2017; TOMÉ *et al*., 2020).

Na técnica clássica, uma fibra óptica é introduzida em um acesso venoso periférico e conduz luz de laser de baixa potência, em geral na faixa do vermelho (cerca de 630 a 660 nm), até o sangue. No Brasil, popularizaram-se também formas transcutâneas, como a irradiação sobre a artéria radial ou a aplicação sublingual, muitas vezes chamadas de "ILIB modificado", cuja equivalência com a via intravascular segue em debate (TOMÉ *et al*., 2020).

A premissa teórica que sustenta o uso da ILIB no contexto da cicatrização baseia-se no papel do sangue como meio de transporte de oxigênio, nutrientes, mediadores inflamatórios, plaquetas e fatores de crescimento essenciais à reparação tecidual. Caso a irradiação sanguínea melhorasse a fluidez sanguínea, atenuasse o estresse oxidativo, modulasse a inflamação e favorecesse a angiogênese, feridas associadas a doenças sistêmicas poderiam se beneficiar. Trata-se, contudo, de uma hipótese que exige análise criteriosa, uma vez que a ILIB é amplamente utilizada na prática clínica, por vezes antes da consolidação de evidências científicas robustas.

O presente estudo justifica-se pela necessidade de reunir, sintetizar e avaliar criticamente a literatura científica disponível sobre o tema, distinguindo os mecanismos fotobiológicos comprovados experimentalmente da efetiva evidência clínica aplicada ao reparo tecidual.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, método que permite a busca, a análise crítica e a síntese de evidências científicas sobre um determinado tema, contemplando estudos com diferentes delineamentos metodológicos (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

Para a elaboração deste trabalho, foram adotadas as etapas recomendadas para esse tipo de investigação: definição da pergunta norteadora, estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, busca e seleção dos estudos nas bases de dados, extração dos dados, análise crítica e interpretação dos resultados (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

A formulação da questão de pesquisa seguiu a estratégia PICO (*Patient, Intervention*, *Comparison* e *Outcome*), que corresponde, em português, a Paciente, Intervenção, Comparação e Desfecho. A pergunta norteadora foi: “Quais são as evidências científicas, publicadas entre 2021 e 2026, que relacionam o uso da irradiação laser intravascular do sangue (ILIB) à melhora da cicatrização e do reparo tecidual?”

Foram incluídos ensaios clínicos, estudos experimentais, revisões sistemáticas e metanálises que abordassem a ILIB ou a fotobiomodulação vascular, publicados entre 2021 e 2026, redigidos em português ou inglês e que apresentassem relação direta com os mecanismos de cicatrização de feridas, reparo tecidual ou desfechos metabólicos e inflamatórios correlatos.

Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, estudos duplicados, artigos que não respondessem à pergunta norteadora e publicações cujo texto completo não estivesse disponível na íntegra.

A busca eletrônica foi realizada em setembro de 2026 nas bases de dados PubMed (*National Center for Biotechnology Information/U.S. National Library of Medicine*), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e Google Acadêmico. Foram utilizados descritores controlados e palavras-chave combinados por meio dos operadores booleanos “ILIB”, “intravascular laser irradiation of blood”, “vascular photobiomodulation”, “wound healing” e “cicatrização”.

Após a aplicação da estratégia de busca, os registros identificados foram submetidos à triagem inicial por meio da leitura dos títulos e resumos, seguida pela avaliação na íntegra dos estudos potencialmente elegíveis. Dos 10 estudos inicialmente recuperados, 6 foram utilizados para a contextualização geral do tema e da técnica, enquanto 4 atenderam rigorosamente aos critérios de inclusão por apresentarem interface direta com os processos de cicatrização, reparo tecidual e inflamação correlata.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cicatrização da pele é um processo biológico complexo, dinâmico e altamente dependente da integração coordenada entre diversos elementos celulares, mediadores solúveis, matriz extracelular e suprimento sanguíneo adequado (SINGER; CLARK, 1999; GURTNER *et al.*, 2008). Fisiologicamente, a restauração da integridade tecidual é descrita em quatro fases interdependentes que se sobrepõem no tempo: hemostasia, inflamação, proliferação e remodelamento (SINGER; CLARK, 1999; GURTNER *et al.*, 2008).

A fase de hemostasia inicia-se imediatamente após a injúria tecidual; ao ficar exposto, o colágeno subendotelial estimula a adesão e a agregação das plaquetas, ativando em seguida a cascata de coagulação para a formação de um coágulo de fibrina que atua tanto como barreira provisória quanto como suporte estrutural para a migração celular (SINGER; CLARK, 1999). As plaquetas ativadas desgranulam e liberam fatores de crescimento

essenciais, tais como o fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF) e o fator de transformação do crescimento beta (TGF-β), os quais atraem quimiotaticamente as células inflamatórias e os fibroblastos para o leito da lesão (SINGER; CLARK, 1999).

Na fase inflamatória subsequente, os neutrófilos chegam ao local da lesão nas primeiras horas, participando do desbridamento autolítico e do controle microbiano inicial. Nos dias seguintes, ocorre o recrutamento de monócitos, que se diferenciam em macrófagos (KOH; DIPIETRO, 2011). Os macrófagos desempenham papel central na fagocitose de resíduos celulares e na secreção de citocinas e fatores de crescimento, sinalizando a transição para a fase proliferativa (KOH; DIPIETRO, 2011). Em feridas crônicas, essa transição pode falhar, com persistência da inflamação, acúmulo de proteases, espécies reativas de oxigênio (ERO) e citocinas pró-inflamatórias, que degradam fatores de crescimento e a matriz extracelular recém-sintetizada (KOH; DIPIETRO, 2011).

A fase proliferativa compreende a reepitelização, a formação de tecido de granulação, a angiogênese e a deposição de matriz extracelular (MENDONÇA; COUTINHO-NETTO, 2009). Os queratinócitos migram e proliferam a partir das bordas da lesão; os fibroblastos produzem colágeno do tipo III e, posteriormente, do tipo I; e as células endoteliais formam novos capilares sob estímulo do fator de crescimento endotelial vascular (VEGF). Parte dos fibroblastos diferencia-se em miofibroblastos, responsáveis pela contração das margens da ferida (MENDONÇA; COUTINHO-NETTO, 2009). Por fim, a fase de remodelamento pode se estender por meses. Nesse período, o colágeno do tipo III é gradualmente substituído pelo tipo I, as fibras colagenosas são reorganizadas e a vascularização excedente regride. Dessa forma, a cicatriz adquire resistência tênsil progressiva, embora, em geral, não ultrapasse aproximadamente 80% da resistência da pele íntegra original (GURTNER *et al*., 2008).

Diversos fatores podem interferir e retardar o processo cicatricial fisiológico. Entre os fatores locais, destacam-se a hipóxia, a infecção, a necrose, a presença de corpo estranho, a pressão contínua e o edema. Entre os fatores sistêmicos, incluem-se a idade avançada, o diabetes mellitus, a obesidade, a desnutrição, o tabagismo, o uso de glicocorticoides, a imunossupressão e a doença arterial periférica (KOH; DIPIETRO, 2011).

A isquemia e a hipóxia merecem destaque especial. Embora a hipóxia transitória possa estimular a angiogênese, a hipóxia sustentada prejudica a proliferação dos fibroblastos, a síntese de colágeno e a capacidade antimicrobiana dos leucócitos (KOH; DIPIETRO, 2011). No diabetes mellitus, a hiperglicemia crônica favorece a glicação avançada de proteínas, a disfunção endotelial, a neuropatia periférica, a menor resposta aos fatores de crescimento endógenos e a exacerbação do estresse oxidativo. Nesse cenário, intervenções de ação

sistêmica são teoricamente consideradas potenciais aliadas ao processo de reparo (KOH; DIPIETRO, 2011).

Nesse contexto, a fotobiomodulação (FBM), caracterizada pela aplicação de luz nas faixas do vermelho ou infravermelho próximo (600 a 1.100 nm) em doses não térmicas, consolida-se como um recurso físico capaz de desencadear respostas fotoquímicas e fotobiológicas celulares (KARU, 1999; 2010). O mecanismo primário mais aceito fundamenta-se na absorção de fótons por cromóforos mitocondriais, sobressaindo-se a citocromo c oxidase (complexo IV da cadeia respiratória) (KARU, 1999; 2010). Ao ser fotoativada, essa enzima eleva o potencial de membrana mitocondrial, estimula a produção de adenosina trifosfato (ATP) e induz uma geração moderada de ERO que ativa vias de sinalização retrógrada e fatores de transcrição, como o NF-κB, regulando a expressão gênica (KARU, 1999; 2010). Uma segunda hipótese relevante postula que a irradiação fotônica promove o desprendimento do óxido nítrico (NO) do citocromo c oxidase (onde concorre com o oxigênio), restabelecendo a respiração celular e liberando NO livre para exercer ações de vasodilatação e sinalização vascular (KARU, 2010). Adicionalmente, há indícios de liberação de NO a partir de reservas como a hemoglobina e proteínas nitrosiladas, além da liberação observada em monócitos humanos irradiados a 634 nm (KARU, 2010).

Entre os efeitos secundários descritos na literatura constam o aumento da proliferação e migração de fibroblastos e queratinócitos, o estímulo à síntese de colágeno, a modulação de citocinas inflamatórias, o estímulo à neovascularização e a redução de marcadores de estresse oxidativo e inflamação (CHUNG *et al.*, 2012). É fundamental ressaltar que a resposta biológica é dose-dependente e obedece à curva bifásica de Arndt-Schulz (na qual doses insuficientes não geram resposta e doses excessivas provocam inibição), exigindo o relato transparente de parâmetros dosimétricos como comprimento de onda, potência, densidade de energia, tempo, modo de emissão (contínuo ou pulsado), área tratada e número de sessões (KARU, 2010).

A irradiação laser intravascular do sangue foi concebida e desenvolvida entre as décadas de 1970 e 1980, com aplicações iniciais voltadas à cardiologia e à medicina interna na antiga União Soviética, expandindo-se posteriormente para países como Alemanha e China (MOSKVIN, 2017). A técnica clássica emprega lasers de hélio-neônio (He-Ne), com comprimento de onda de 632,8 nm, ou diodos semicondutores na faixa do vermelho. As potências utilizadas correspondem, em geral, a poucos miliwatts na extremidade da fibra óptica introduzida em acesso venoso periférico. As sessões costumam durar de 20 a 60

minutos e são realizadas em séries de cinco a dez aplicações, diariamente ou em dias alternados (WEBER; FUßGÄNGER-MAY; WOLF, 2007).

Embora consistam em parâmetros frequentemente descritos, não há até o momento uma padronização universalmente estabelecida (WEBER; FUßGÄNGER-MAY; WOLF, 2007). No Brasil, a prática foi amplamente incorporada com adaptações transcutâneas sobre a projeção de artérias periféricas (como a artéria radial) ou aplicações sublinguais com diodos em cerca de 660 nm e potências superiores, técnica denominada por muitos como "ILIB modificada" ou fotobiomodulação vascular (VPBM) (TOMÉ *et al.*, 2020). Entretanto, como a luz vermelha possui penetração tecidual de apenas alguns milímetros, questiona-se se a irradiação transcutânea atinge dose efetiva relevante no sangue circulante. Essa questão permanece sem resposta definitiva, uma vez que ainda são necessários ensaios controlados que comparem diretamente as vias intravascular e transcutânea (TOMÉ *et al.*, 2020).

A premissa teórica do uso da ILIB na cicatrização apoia-se no fato de o sangue transportar oxigênio, nutrientes, células imunes, plaquetas e fatores teciduais essenciais. Supõe-se que, se a irradiação sanguínea direta otimizar a reologia e a fluidez sanguínea, atenuar o estresse oxidativo, modular a inflamação e induzir a angiogênese, as feridas associadas a patologias sistêmicas poderiam se beneficiar. Essa hipótese, porém, necessita de verificação rigorosa, visto que o emprego prático da técnica frequentemente antecede a consolidação de evidências científicas robustas (TOMÉ *et al*., 2020).

Ao analisar criticamente a literatura recente, constata-se a escassez de estudos de alto nível metodológico. Uma revisão narrativa publicada em 2025 identificou apenas oito ensaios clínicos randomizados, totalizando 340 participantes, que investigaram a ILIB quanto a desfechos de dor, inflamação, estresse oxidativo e qualidade de vida, sem avaliar a cicatrização como desfecho (DÍAZ *et al.,* 2025). Os autores observaram que os estudos variam consideravelmente quanto à dosimetria, aos esquemas terapêuticos, à via de aplicação (intravascular ou transcutânea) e às condições clínicas investigadas. A ausência de padronização de parâmetros técnicos, como comprimento de onda, potência, densidade de energia e frequência das sessões, dificulta a comparação entre os estudos e compromete a reprodutibilidade dos resultados (DÍAZ *et al*., 2025).

Em relação às evidências diretas em feridas refratárias, uma revisão narrativa de 2024 sobre ILIB na medicina física dedicou uma seção ao tema, localizando apenas duas publicações em humanos: um relato de caso e uma série de casos (datados de 2015 e 2016), nos quais a irradiação intravascular foi combinada à aplicação local de laser para o tratamento de úlceras por pressão e queimaduras de terceiro grau (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Nos achados

relatados, uma úlcera por pressão profunda apresentou cicatrização completa após 24 sessões de ILIB combinada ao laser local, e seis pacientes com queimaduras de terceiro grau obtiveram cicatrização total após 10 a 15 sessões (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Contudo, além de serem anteriores ao recorte de 2021 a 2026, a associação simultânea do laser tópico impede isolar e atribuir os resultados especificamente à irradiação do sangue (OLIVEIRA *et al.*, 2024).

Complementarmente, a revisão sistemática brasileira de Santos (2021) reuniu 16 estudos publicados entre 1992 e 2021, concluindo que a ILIB atua atenuando a inflamação, favorecendo a cicatrização, melhorando a microcirculação e promovendo vasodilatação, com destaque para investigações em cardiopatias e diabetes. Em geral, a cicatrização emergiu como um achado secundário em populações acometidas por comorbidades, e não como o desfecho primário dos estudos (SANTOS, 2021).

Avaliando as evidências publicadas estritamente entre 2021 e 2026 quanto ao processo de cicatrização, o estudo mais próximo da temática foi conduzido por Meyer *et al.* (2024), que analisaram 44 voluntários submetidos a cirurgias plásticas divididos em quatro grupos: dois grupos controles com o equipamento desligado e dois grupos tratados com ILIB ativa (iniciada 24 horas ou 3 dias após o procedimento). As sessões duraram 30 minutos, utilizando laser vermelho de 660 nm e dose total de 180 J (MEYER *et al.*, 2024). Os resultados demonstraram redução mais pronunciada na pontuação total da escala de dor de McGill nos grupos tratados com ILIB, alterações na pressão arterial diastólica e na saturação periférica de oxigênio, além de indícios de que a intervenção precoce (24 horas) pode ter prevenido um aumento mais acentuado nos níveis de fibrose (MEYER *et al.*, 2024). Não foram observadas alterações quanto ao sono e à ansiedade (MEYER *et al.*, 2024). Esse trabalho fundamenta primordialmente o controle analgésico e a modulação hemodinâmica, e não a aceleração direta da cicatrização em si; ademais, o emprego do termo "pode ter evitado" evidencia que os próprios autores interpretam os achados de fibrose com cautela, destacando-se como ponto forte o desenho cego com aparelho desligado (MEYER *et al.*, 2024).

No âmbito do *diabetes mellitus*, considerado uma das causas mais relevantes de cicatrização deficiente, a pesquisa de Silva Júnior *et al.* (2022) objetivou avaliar a eficácia da ILIB modificada (100 mW, 30 minutos, 10 sessões) nos parâmetros periodontais e no controle glicêmico de pacientes com periodontite e diabetes tipo II. Os autores constataram que não houve melhora estatisticamente significativa nos níveis de hemoglobina glicada (HbA1c) e glicemia de jejum em nenhuma das análises efetuadas (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2022). Esse

achado restringe e limita a hipótese de que a ILIB poderia favorecer indiretamente a cicatrização por meio do controle glicêmico sistêmico (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2022).

Em se tratando da mucosite oral em oncologia, uma lesão de barreira mucosa onde os processos inflamatórios e reparatividades se entrecruzam, Nascimento *et al.* (2026) realizaram um estudo quase-experimental avaliando 76 pacientes distribuídos em quatro grupos: ILIB isolada e ILIB combinada ao laser local, aplicadas de forma preventiva ou terapêutica. Os autores concluíram que a associação entre ILIB e laser local foi significativamente mais eficaz do que a ILIB isolada na redução da severidade da mucosite e na melhora da qualidade de vida dos pacientes (NASCIMENTO *et al.*, 2026). Uma vez que nenhum grupo recebeu placebo ou apenas o laser local isolado, o estudo evidencia a vantagem de somar a irradiação local, mas não consegue isolar o efeito terapêutico exclusivo da ILIB, reforçando que a intervenção tópica permanece como componente central (NASCIMENTO *et al.*, 2026).

Por sua vez, na avaliação de lesões crônicas específicas, Huang *et al.* (2021) conduziram uma metanálise englobando 13 ensaios clínicos randomizados e 413 pacientes para avaliar o efeito da terapia com laser de baixa intensidade (LLLT) em úlceras do pé diabético (UPD). Em comparação aos grupos controle, a LLLT incrementou significativamente a taxa de cicatrização completa, reduziu a área da úlcera e diminuiu o tempo médio de reparo (HUANG *et al.*, 2021). Segundo os autores, embora a qualidade da evidência seja classificada como baixa, a LLLT configura-se como um tratamento adjuvante promissor e eficaz para acelerar a cicatrização nessas lesões (HUANG *et al.*, 2021).

A síntese crítica e detalhada da literatura permite destacar três lacunas primordiais nos estudos disponíveis. A primeira lacuna refere-se à ausência de evidência clínica direta: no período de 2021 a 2026, não foi localizado nenhum estudo clínico que tenha testado a ILIB como intervenção principal em feridas apresentando a cicatrização como desfecho primário. Os efeitos atribuídos à ILIB na reparação tecidual advêm de pequenas séries anteriores a 2021 associadas ao laser local ou de investigações recentes cujos alvos primários foram dor, parâmetros hemodinâmicos e mucosite. A segunda lacuna é metodológica, pois a associação com o laser local configura o padrão das pesquisas realizadas; tanto os relatos de úlceras quanto o estudo de mucosite de 2026 combinaram ILIB e laser local, sem comparações com laser local isolado ou placebo que permitam isolar o efeito da irradiação sanguínea. A terceira lacuna demonstra que a plausibilidade biológica laboratorial (envolvendo mitocôndria, óxido nítrico e reologia) não substitui a comprovação por prova clínica.

As próprias revisões ressalvam a falta de evidências robustas e concluem que, embora os resultados sejam encorajadores, são indispensáveis ensaios clínicos multicêntricos de

grande escala. Sob a ótica das implicações práticas, a ILIB deve ser compreendida estritamente como um recurso adjuvante e experimental, nunca substituindo as condutas fundamentais consagradas no manejo de feridas, como o desbridamento rigoroso, o controle de infecções, a descompressão de pressões, a otimização glicêmica, a avaliação vascular e a aplicação de curativos adequados, visto que a promessa de amplo benefício sistêmico comercialmente divulgada ainda carece de amparo científico definitivo nos estudos analisados.

4 CONCLUSÃO

Esta revisão integrativa possibilitou analisar as evidências científicas disponíveis sobre o uso do laser ILIB no processo de cicatrização de feridas. Os fundamentos fotobiológicos descritos na literatura, como a modulação da atividade mitocondrial, a liberação de óxido nítrico, a redução do estresse oxidativo, a melhora dos parâmetros reológicos do sangue e a modulação de citocinas, conferem à técnica plausibilidade biológica e justificam o interesse por sua aplicação como recurso adjuvante, sobretudo em feridas associadas a condições sistêmicas, como o diabetes mellitus e a insuficiência vascular.

Contudo, essa plausibilidade ainda não encontrou respaldo clínico equivalente. No recorte temporal de 2021 a 2026, não foram identificados estudos que tenham avaliado a ILIB como intervenção principal em feridas, com a cicatrização como desfecho primário. Os estudos recentes analisados concentraram-se em desfechos correlatos, como dor, parâmetros hemodinâmicos, controle glicêmico e mucosite oral.

Além disso, os resultados favoráveis descritos em relatos e séries de casos decorreram da associação da ILIB ao laser local, o que impede atribuir o benefício exclusivamente à irradiação do sangue. Outro fator limitante é a heterogeneidade das vias de aplicação (intravascular ou transcutânea) e a ausência de padronização dosimétrica, aspectos que comprometem a comparação entre os achados.

Conclui-se, portanto, que a ILIB pode ser considerada uma abordagem promissora, porém ainda experimental, devendo ser utilizada estritamente como terapia coadjuvante. Ela não deve substituir as condutas consagradas no manejo de feridas, como o desbridamento, o controle da infecção, o alívio da pressão, a otimização glicêmica, a avaliação vascular e o uso de coberturas adequadas.

DECLARAÇÃO SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A autora declara que utilizou o ChatGPT (OpenAI) exclusivamente como ferramenta de apoio à revisão linguística e organização inicial do texto. Todo o conteúdo foi revisado criticamente, validado pela autora e esta assume total responsabilidade pelas informações apresentadas.

REFERÊNCIAS

CHUNG, Hoon *et al.* The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 40, n. 2, p. 516-533, 2012. DOI: https://doi.org/10.1007/s10439-011-0454-7.

DÍAZ, Leonardo *et al.* The clinical efficacy of intravascular laser irradiation of blood (ILIB): a narrative review of randomized controlled trial. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 53, art. 104618, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2025.104618.

EMING, Sabine A.; MARTIN, Paul; TOMIC-CANIC, Marjana. Wound repair and regeneration: mechanisms, signaling, and translation. **Science Translational Medicine**, v. 6, n. 265, 265sr6, 2014. DOI: https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3009337.

GUO, Shujuan; DIPIETRO, Luisa A. Factors affecting wound healing. **Journal of Dental Research**, v. 89, n. 3, p. 219-229, 2010. DOI: https://doi.org/10.1177/0022034509359125.

GURTNER, Geoffrey C. *et al.* Wound repair and regeneration. **Nature**, v. 453, n. 7193, p. 314-321, 2008. DOI: https://doi.org/10.1038/nature07039.

HAMBLIN, Michael R. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. **AIMS Biophysics**, v. 4, n. 3, p. 337-361, 2017. DOI: https://doi.org/10.3934/biophy.2017.3.337.

HUANG, Jing *et al.* The effect of low-level laser therapy on diabetic foot ulcers: a meta-analysis of randomised controlled trials. **International Wound Journal**, v. 18, n. 6, p. 763-776, 2021. DOI: https://doi.org/10.1111/iwj.13577.

KARU, Tiina. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 49, n. 1, p. 1-17, 1999.

KARU, Tiina. Mitochondrial mechanisms of photobiomodulation in context of new data about multiple roles of ATP. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 2, p. 159-160, 2010.

KOH, Timothy J.; DIPIETRO, Luisa A. Inflammation and wound healing: the role of the macrophage. **Expert Reviews in Molecular Medicine**, v. 13, e23, 2011.

MENDONÇA, Rinaldo J.; COUTINHO-NETTO, José. Aspectos celulares da cicatrização. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 84, n. 3, p. 257-262, 2009.

MESTER, Endre; SZENDE, B.; GÄRTNER, P. The effect of laser beams on the growth of hair in mice. **Radiobiology, Radiotherapy**, v. 9, n. 5, p. 621-626, 1968.

MESTER, Endre; MESTER, Andrew F.; MESTER, Adam. The biomedical effects of laser application. **Lasers in Surgery and Medicine**, v. 5, n. 1, p. 31-39, 1985. DOI: https://doi.org/10.1002/lsm.1900050105.

MEYER, Patrícia Froes *et al.* Analysis of modified ILIB therapy in patients submitted to plastic surgery. **Lasers in Medical Science**, v. 39, n. 1, art. 110, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10103-024-04057-4.

MOSKVIN, Sergey Vladimirovich. Low-level laser therapy in Russia: history, science and practice. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 8, n. 2, p. 56-65, 2017. DOI: https://doi.org/10.15171/jlms.2017.11.

NASCIMENTO, C. R. E. *et al.* Effectiveness of the association between ILIB and photobiomodulation in oral mucositis among oncology patients: a prospective study. **Head & Neck**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1002/hed.70285.

OLIVEIRA, M. C. *et al.* Effect of modified intravascular laser irradiation of blood in the oral and systemic conditions during dental treatment: a systematic review. **Lasers in Medical Science**, v. 39, n. 1, art. 300, 2024.

SANTOS, M. L. S. **Eficácia do uso do ILIB**: uma revisão sistemática da literatura. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação/Pós-Graduação) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2021.

SILVA JÚNIOR, F. L. *et al.* Efficacy of ILIB on periodontal clinical parameters and glycemic control in patients with periodontitis and type 2 diabetes: randomized clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 37, n. 3, p. 1945-1952, 2022.

SINGER, Adam J.; CLARK, Richard A. F. Cutaneous wound healing. **New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 10, p. 738-746, 1999.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134.

TOMÉ, R. F. F. *et al.* ILIB (intravascular laser irradiation of blood) as an adjuvant therapy in the treatment of patients with chronic systemic diseases: an integrative literature review. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 9, p. 1899-1907, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/s10103-020-03100-4.

WEBER, M. H.; FUßGÄNGER-MAY, T.; WOLF, T. The intravenous laser blood irradiation: introduction of a new therapy. **German Journal of Acupuncture and Related Techniques**, v. 50, n. 3, p. 12-23, 2007.