

**CARINA MARA BARBOSA VIEIRA**

**O USO DE LASER NA CICATRIZAÇÃO DE ÚLCERAS NEUROTRÓFICAS EM  
INDIVÍDUOS ACOMETIDOS PELA HANSENÍASE E DIABETES MELLITUS**

**Belo Horizonte**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG**  
**2015**

CARINA MARA BARBOSA VIEIRA

**O USO DE LASER NA CICATRIZAÇÃO DE ÚLCERAS NEUROTRÓFICAS EM  
INDIVÍDUOS ACOMETIDOS PELA HANSENÍASE E DIABETES MELLITUS**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Ortopedia.

Orientadora: Dra. Janaine Cunha Polese

**Belo Horizonte**  
**Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG**  
**2015**

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos do laser de baixa intensidade na cicatrização de úlceras neurotróficas em indivíduos acometidos pela Hanseníase e Diabetes Mellitus. Para tanto, foi conduzida uma revisão da literatura, nas bases de dados MEDLINE, CINAHL, EMBASE, PEDro, COCHRANE, SCIELO, BIREME. Dos 31 artigos encontrados, 7 foram incluídos nas análises dos resultados, totalizando 174 participantes com idade entre 45 e 85 anos, as análises envolveram 49 indivíduos no grupo de hanseníase; e 219 no grupo de diabetes, dentre estes (Insuficiência arterial, danos de rádio, vasculite autoimune, úlceras de pressão, insuficiência venosa). Apresentavam úlceras crônicas. A maioria dos resultados deste estudo demonstraram que o laser de baixa intensidade é um adjuvante benéfico para a cicatrização de úlceras crônicas em hansenianos e diabéticos. Apesar dos resultados demonstrarem a eficácia do LBI na cicatrização de úlceras crônicas neurotróficas, na maioria dos estudos, o tamanho da amostra é baixo para uma análise mais aprofundada e resultados significativos, o procedimento metodológico ou os detalhes das intervenções, foram variados, com diferentes tipos de laser, de modulação/ parâmetros, duração do tratamento, quantidade de aplicações. Desta forma, os dados deste estudo sugerem, que, para, obter provas conclusivas do laser de baixa intensidade no tratamento de úlceras, há necessidade de estudos de alta qualidade, randomizados, controlados e estudos duplo-cegos com desenhos adequados. Novas investigações são necessárias, a fim de compreender o mecanismo dos efeitos do LBI sobre úlceras crônicas.

**Palavras-chave:** Laser. Úlceras crônicas. Hanseníase. Diabetes mellitus.

## ABSTRACT

This study aimed to verify the low-intensity laser effects in healing neurotrophic ulcers in individuals affected by leprosy and diabetes mellitus. To this end, a literature review was conducted in the databases MEDLINE, CINAHL, EMBASE, PEDro, Cochrane Library, SciELO, BIREME. Of the 31 articles found, 7 were included in the analyzes of the results, totaling 174 participants aged between 45 and 85 years, the analysis involved 49 individuals in the leprosy group; and 219 in the diabetes group, among these (arterial insufficiency, radio damage, autoimmune vasculitis, pressure ulcers, venous insufficiency). They had chronic ulcers. Most of the results of this study demonstrated that low-intensity laser is a beneficial adjunct to the healing of chronic ulcers in leprosy and diabetes. Although the results show the effectiveness of LLLT in the healing of chronic ulcers neurotrophic, in most studies, the sample size is lower for a further significant findings and analysis, the methodological procedure or details of interventions were varied with different types laser, modulation / parameters, duration of treatment, number of applications. Thus, the data suggest that in order to obtain conclusive evidence of low intensity laser in the treatment of ulcers, there is need for high-quality, randomized, controlled and double-blind studies with appropriate designs. Further investigations are necessary in order to understand the mechanism of the effects of LLLT on chronic ulcers.

**Keywords:** Laser. Chronic ulcers. Leprosy. Diabetes mellitus.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
<b>1.1 Desenvolvimento de feridas em indivíduos com Hanseníase e Diabetes Mellitus.....</b>	<b>06</b>
<b>1.2 A Pele e suas camadas.....</b>	<b>07</b>
<b>1.3 Ferida.....</b>	<b>08</b>
<b>1.4 Reparo tecidual.....</b>	<b>09</b>
<b>1.5 Laser.....</b>	<b>10</b>
<b>1.6 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.7 Objetivo específico.....</b>	<b>13</b>
<b>2.METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
<b>4.DISSCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as úlceras constituem um sério problema de saúde pública, o elevado número de doentes contribui para onerar o gasto público, além de interferir na qualidade de vida da população.<sup>1</sup>

Entre os diversos tipos de lesões, as mais frequentemente encontradas nos serviços da rede básica de saúde são as úlceras de longa evolução e de resposta terapêutica variável. Dentre estas, destacam-se as neurotróficas, comuns em algumas patologias que acometem o sistema nervoso periférico, como a hanseníase e o diabetes mellitus, doenças endêmicas no Brasil. Além do grande número de casos, tem alto potencial de incapacitante laboral e social, gerando perdas econômicas e consequências psicológicas, levando a estigmatização e discriminação dos doentes.<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

A hanseníase é uma doença infecciosa crônica causada pelo *Mycobacterium leprae*, um bacilo intracelular obrigatório com predileção pela célula de Schwann e pele, transmitida através das vias aéreas superiores. O Brasil tem alta prevalência de hanseníase, com uma taxa, no início de 2007, de 3,21/10000 habitantes, o que está acima da meta da Organização Mundial da Saúde (OMS), de menos de um caso para cada dez mil habitantes.<sup>2,3,6,7</sup>

O diabetes é um grupo de doenças metabólicas caracterizadas por hiperglicemia, e, associadas a complicações, contribui com disfunções e insuficiência de vários órgãos, especialmente olhos, rins, nervos, cérebro, coração e vasos sanguíneos. Apresenta alta morbimortalidade, é uma das principais causas de mortalidade, e dentre as morbidades destaca-se a amputação de membros inferiores.<sup>8,9</sup>

### 1.1 Desenvolvimento de feridas em indivíduos com Hanseníase e Diabetes Mellitus

A Hanseníase e o Diabetes Mellitus podem afetar os nervos periféricos, causando danos às fibras autônomas, sensitivas e motoras.<sup>1,6,9</sup>

A Neuropatia leva a perda de sensibilidade, e frequentemente a deformidade do pé, com um padrão de marcha anormal. Em pessoas com neuropatia, um pequeno trauma pode ser causado por calçados mal ajustados, andar descalço, ou uma lesão aguda pode precipitar uma úlcera crônica.<sup>6,9</sup>

A perda de sensibilidade do pé e a limitação da mobilidade articular podem resultar em deformidades e carga biomecânica anormal do pé. Espessamento da pele (calo) forma-se como resultado. Isto leva a aumentar a carga de forma anormal e, muitas vezes, hemorragia subcutânea. Qualquer que seja a causa primária, o paciente continua andando com o pé insensível, prejudicando a cura subsequente, podendo levar a amputações e até a morte.<sup>1,2,3,4,</sup>

Os custos dos tratamentos de patologias relacionadas à deficiência cicatricial aumentam a importância dos estudos em busca de medicamentos e curativos capazes de interagir com o tecido lesado, tendo por objetivo acelerar o processo.<sup>10</sup>

## 1.2 A Pele e suas camadas

Para uma assistência adequada aos doentes com úlceras, deve-se conhecer a pele.<sup>1,11</sup>

Composição da pele - possui três camadas: Epiderme: é a camada externa, sem vascularização, formada por várias camadas de células. Tem como função principal a proteção do organismo, e regeneração da pele. Impede a penetração de micro-organismos ou substâncias químicas destrutivas, absorve radiação ultravioleta do sol e previne as perdas de fluídos e eletrólitos. Derme: é a camada intermediária, composta por denso tecido fibroso - colágeno, fibras reticulares e elásticas. Nela se situam os vasos, os nervos e os anexos cutâneos (glândulas sebáceas, sudoríparas e folículos pilosos). Hipoderme ou Tecido Subcutâneo: é a camada mais profunda da pele. É o principal depósito nutritivo de reserva, funcionando como isolante térmico e proteção mecânica, quanto às pressões e traumatismos externos, facilitando a mobilidade da pele em relação às estruturas subjacentes. <sup>1</sup>

Quando comprometido, o sistema glandular cutâneo, ocorre a diminuição ou ausência da transpiração e da oleosidade natural da pele, e perda de umidade do estrato córneo (responsável pela manutenção de integridade da pele), necessária à resistência da pele – plasticidade e flexibilidade, tornando-a seca, descamativa, frágil, com tendência a fissuras, a rachaduras e a hiperqueratoses palmo-plantares, a tendência a ulcerações aumenta.<sup>11,12,13</sup>

### 1.3 Ferida

A ferida é considerada, como toda e qualquer ruptura que agrida a integridade física da pele, com rompimento de sua arquitetura, gerando dano tecidual. As feridas são causadas por agentes físicos, químicos ou biológicos, que podem ser extrínsecos – zonas de pressão, lesões acidentais, incisão cirúrgica, isquemia externa; ou intrínsecas – zonas de pressão interna, infecções, alterações vasculares, alterações metabólicas, neoplasias.<sup>3,12,13</sup>

As feridas podem ser classificadas:

**Quanto à profundidade:** Superficial ou epidérmica (lesão apenas da epiderme as células epiteliais respondem à agressão em 24 a 48 horas). Fecham sem deixar cicatriz. Parcial (a epiderme e parte da derme são destruídas, atingindo parcialmente os folículos capilares e as glândulas sudoríparas). Geralmente a cicatriz dessas feridas ficam imperceptíveis. Total (há destruição da epiderme, da derme e da hipoderme. Os tecidos profundos, como músculos ou ossos, podem estar envolvidos). Quanto mais extenso o traumatismo, maior é o número de estruturas lesadas, levando a cicatrização complexa e de longa duração.<sup>1,9,10</sup>

**Quanto ao tempo de evolução:** Agudas: são feridas traumáticas, com ruptura da vascularização e rápida hemostasia. Respondem rapidamente ao tratamento, exigem cuidados restritos ao local e em um ambiente ideal, cicatrizam em 4 a 14 dias. Crônicas: são feridas de longa duração e de difícil cicatrização, ou após cicatrizarem, recidivam, ocorrendo desvio do processo cicatricial fisiológico. Inicialmente, agudas, porém levando a cura retardada, por infecção ou irritação local. Sendo necessário uma abordagem multidisciplinar e vários tipos de tratamento para sua cicatrização. Quanto o tempo de instalação da úlcera, mais tempo será necessário para a cicatrização, pois a microcirculação, responsável pela granulação, estará reduzida, favorecendo um déficit de substrato, que compromete o metabolismo tecidual.<sup>13</sup>

**Quanto ao conteúdo microbiano:** Limpas ou assépticas (ocorrem em condições assépticas e isentas de microrganismos patogênicos) sem indícios de sinais flogísticos. Normalmente são as incisões cirúrgicas.<sup>10</sup>

Limpas contaminadas: são as feridas que ocorrem em tecidos com pouca contaminação prévia. Podem decorrer do ato cirúrgico ou de feridas tratadas em menos de seis horas após o trauma, não apresentam significativa contaminação prévia. Contaminadas: são feridas recentes e abertas, colonizadas com uma



quantidade considerável de microorganismos. Decorrem da falha da técnica asséptica em ato cirúrgico ou de acidentes que são tratadas depois de seis horas do trauma, que apresentam substâncias estranhas, mas sem processo infeccioso local. Infectadas (ou sépticas): são as feridas colonizadas ou com contaminação grosseira por detritos ou microorganismos como parasitas, bactérias, vírus ou fungos. Relacionadas à baixa defesa imunológica. Presença de agente infeccioso local, importante reação inflamatória, destruição de tecidos, exsudação purulenta e odor característico.<sup>1,13</sup>

As úlceras neurotróficas são caracterizadas por lesões anestésicas, circulares, geralmente quentes e sem sinais de infecção. Desenvolvem-se principalmente sobre áreas de proeminências ósseas das mãos e dos pés, e frequentemente são precedidas por hiperqueratose, fissuras ou bolhas. As calosidades são comuns nas bordas das úlceras neurotróficas.<sup>2</sup>

### **1.3 Reparo tecidual**

O processo de reparo constitui uma reação tecidual dinâmica, que compreende diferentes fenômenos: inflamação, proliferação celular e síntese de elementos constituintes da matriz extracelular, incluindo as fibras colágenas, elásticas e reticulares.<sup>12</sup> A cicatrização depende de condições locais, ligadas à ferida, e de condições gerais, ligadas ao indivíduo como um todo. Para a cura, especialmente diante de feridas crônicas, deve-se otimizar o trabalho holístico e interdisciplinar, centrado no paciente.<sup>4,5,13</sup>

A situação da ferida é o reflexo do estado geral do doente. Para uma boa cicatrização, as condições gerais do portador de feridas devem estar em seu melhor estado. Os principais fatores sistêmicos são nutrição, vascularização, uso de medicações sistêmicas, doenças sistêmicas, idade e tabagismo.<sup>12,14,15</sup>

Por outro lado, a reparação tecidual precisa de um ambiente que facilite a epitelização, a formação de colágeno, a angiogênese e a contração da ferida. Para propiciar estas condições, a ferida tem que ser mecanicamente estável, úmida, quente e livre de contaminantes, de infecções e de tecido morto. Os principais fatores locais são: infecção, hematoma, edema, corpos estranhos, tecido necrótico, ressecamento e fibrina.<sup>3,13,14</sup>

A restauração da pele ocorre por meio de um processo dinâmico, contínuo, complexo e interdependente, composto por uma série de fases sobrepostas, denominadas de cicatrização. São três fases:

**Reação imediata** - resposta inicial do organismo ao trauma. Ocorre com uma reação vascular e inflamatória, que conduz a hemostasia, à remoção de restos celulares e de microorganismos. A inflamação leva às conhecidas manifestações clínicas de calor, dor, rubor, edema e perda da função, sinais que podem ser mínimos, transitórios ou duradouros. A infecção intensifica e prolonga a inflamação.<sup>1,12,13</sup>

**Proliferação** - Ocorre após a reação inflamatória inicial e compreende os seguintes estágios: 1) Granulação (formação de um tecido novo, composto de novos capilares - angiogênese, da proliferação e da migração dos fibroblastos responsáveis pela síntese de colágeno); 2) Contração (com a produção do colágeno, ocorre um aumento da força da úlcera, denominada força de tração, caracterizada como a habilidade da úlcera resistir às forças externas e não romper-se); 3) Epitelização (fechamento das superfícies da úlcera, por meio da multiplicação das células epiteliais da borda, caracterizando-se pela redução da capilarização e do aumento do colágeno). Neste ponto, a contração reduz o tamanho das úlceras, com a ação especializada dos fibroblastos. **Maturação e remodelagem** - É a última etapa do processo de cicatrização. É um processo lento, que se inicia com a formação do tecido de granulação e da reorganização das fibras de colágeno proliferado, estendendo-se por meses após a reepitelização. Nesta fase ocorre a reorganização do processo de reparação da lesão, com depósito de colágeno. No início, a cicatrização tem aspecto plano; posteriormente, enrijece-se e se eleva. Após um determinado tempo, a cicatriz se torna mais clara, menos rígida e mais plana, ocorrendo sua redução.<sup>1,14</sup>

## 1.5 Laser

A busca por novos métodos terapêuticos direcionou a realização de pesquisas visando avaliar a utilização da luz pelo seu efeito biomodulador sobre os processos inflamatórios, cicatriciais, algícos, imunológico e neuronal.<sup>6</sup> Nos últimos anos, cada vez mais atenção tem sido focada na utilização de Laser de Baixa Intensidade como um tratamento para feridas abertas.<sup>12,14</sup>

As propriedades terapêuticas do laser vêm sendo estudadas desde 1917 por Einstein, sendo sugerida pela primeira vez em 1957, pelos cientistas americanos, Charles Townes e Arthur Achawlow, tornando-se realidade em 1960, com a construção do primeiro emissor de laser a Rubi por Theodore Maiman.<sup>14</sup>

O emprego do raio laser no processo de reparação tecidual foi estudado, pela primeira vez, por Mester et al. em 1971. Estes pesquisadores observaram que as feridas produzidas em ratos cicatrizavam de forma mais rápida, sob a ação do laser terapêutico. Com base nesse estudo, várias investigações têm relatado resultados similares.<sup>15</sup>

*Laser* corresponde à sigla *light amplification by stimulated emission of radiation*, - “amplificação da luz por emissão estimulada de radiação”.<sup>12</sup>

Foram notados em áreas adjacentes ao tecido coagulado, alguns efeitos benéficos, onde a baixa energia foi aplicada. Isto levou ao uso dos *lasers* de baixa intensidade.<sup>16</sup>

O Laser pode ser classificado em duas categorias: *lasers* de alta potência ou cirúrgicos, apresenta efeitos térmicos com propriedades de corte, vaporização e hemostasia, e *lasers* de baixa potência/intensidade (LBI) ou terapêuticos, com propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e de bioestimulação; incluem-se nesta última categoria o *laser* de hélio-neônio (He-Ne), cujo comprimento de onda é 632,8nm, ou seja, na faixa de luz visível (luz vermelha); o *laser* de arseneto de gálio e alumínio (Ga-As-Al) ou *laser* de diodo, cujo comprimento de onda se situa fora do espectro de luz visível (luz infravermelha), sendo, aproximadamente, 780-900nm, e o *laser* combinado de hélio-neônio diodo.<sup>12</sup>

A radiação a *laser* difere da luz comum nos seguintes aspectos:

A luz produzida por um laser potente tem três propriedades únicas: é **Monocromática** (um único comprimento de onda), **Coerente** (ondas estão em fase), e **Colimação** (ondas em paralelo). Quando a radiação a *laser* interage com a matéria os efeitos são os mesmos de qualquer outra radiação eletromagnética – ocorre reflexão, refração e absorção. Porém, a extensão em que isto ocorre, vai depender da densidade da natureza e densidade da matéria, ou seja, a radiação a *laser* passará inalterada através do espaço e será ligeiramente alterada no ar (pelo menos para radiação visível), mas é

marcadamente alterada em um material mais denso, tais como os tecidos. No tecido biológico, a coerência será perdida em frações de milímetros, assim o feixe não será mais coerente, mas ainda continuará a ser monocromático, ou seja, continuará tendo uma frequência precisa.<sup>16</sup>

Diferentes comprimentos de onda do laser têm diferentes profundidades de penetração em tecido humano. Laser vermelho tem uma penetração mais profunda que o violeta, azul. Infravermelho não são visíveis, mas têm sido demonstrado que penetra o tecido humano mais profundamente do que a luz vermelha visível.<sup>3</sup>

Outros parâmetros técnicos são potência de saída, densidade de potência, densidade de energia, intervalo da dose, contínuo ou pulsado.<sup>17</sup>

Efeitos da radiação a laser nos tecidos - como toda radiação, o laser pode:

- Ser refletido para a superfície; - Penetrar nos tecidos na proporção que depende: comprimento de onda, natureza da superfície tecidual, ângulo de incidência. Nos tecidos, a radiação a laser é difundida, dispersada e disseminada pela: - Divergência; - Reflexão; - Refração e ainda mais atenuada pela absorção. A profundidade de penetração da radiação vermelha visível e infravermelha curta é de apenas poucos milímetros, 1-2 mm para laser He-Ne (luz vermelha) e 2-4 mm para laser de AsGaAl (laser IV) de 780-900nm em tecidos moles.<sup>16</sup>

Absorção nos tecidos: A passagem de luz através da pele é complexa. A maior parte está se espalhando por volta da derme através da epiderme, enquanto a derme é grossa. A derme é, então, pontuada por absorver luz dos vasos sanguíneos e folículos pilosos. O padrão de absorção da luz relaciona-se à melanina e hemoglobinas com a derme. As propriedades óticas da derme são bem diferentes daquelas da epiderme, basicamente por causa da grande proporção de fibras colágenas que predomina na matriz extracelular do tecido conjuntivo. O colágeno espalha fortemente a luz. A consequência é que o comprimento de onda mais longo, a luz penetra mais dentro da derme do que o curto, o máximo acontece próximo dos 1.200nm. A maior parte das macromoléculas biológicas e tecidos estruturais absorvem fortemente a radiação visível e infravermelha. Como consequência, a profundidade de penetração, é pequena. Algumas moléculas absorvem muito bem: a hemoglobina e a melanina são exemplos. A radiação infravermelha é fortemente absorvida pela água, que predomina em todos os tecidos e está muitas vezes presente na superfície da

pele como o suor. Um cenário mais provável, baseado em mecanismos bioquímicos/fisiológicos conhecidos, é que a resposta é de amplo espectro no caso em que o comprimento de onda preciso é menos importante do que a energia total fornecida por uma gama de comprimento de ondas. Evidências científicas mostram que a radiação benéfica não necessita de um comprimento de onda preciso dos *lasers*. É verdade que os efeitos biológicos são estimulados até certa frequência ótima, mas frequências variadas também são efetivas.<sup>16</sup>

Os efeitos "local" de fototerapia no tratamento de feridas e úlceras tróficas indolentes com o laser de He-Ne, ou com lasers de diodo que operam na região infravermelha pode ser explicada por a ação da luz de baixa intensidade em células de proliferação. Na área destas lesões, são criadas condições (baixa concentração de oxigênio e do pH, falta de nutrientes necessários), para estas células, a luz pode servir como um sinal para aumentar a proliferação. Quando ocorre em feridas recentes, o efeito da irradiação pode ser mínimo. Um efeito não acontece nos casos em que a proliferação é ativa e a regeneração da integridade do tecido ocorre a uma taxa mais ou menos máxima (normal). Esta pode ser a razão de nenhum efeito fototerapêutico ser observado nestes casos.<sup>7</sup>

As propriedades curativas do LBI são provavelmente devido a resultante fotobiomodulação, no aumento de tecido de granulação, a proliferação de fibroblastos, colágeno, síntese, neovascularização e epitelização precoce, alterações importantes observadas com LBI no tratamento de feridas.<sup>12,17,18</sup>

## **1.6 Objetivo Geral**

Verificar os efeitos do Laser em indivíduos acometidos em condições de saúde que acarretam úlceras crônicas neurotróficas.

## **1.7 Objetivos específicos**

Verificar os efeitos do laser de baixa intensidade na cicatrização de úlceras neurotróficas em indivíduos acometidos pela Hanseníase e Diabetes Mellitus.

## **2 METODOLOGIA**

Foi conduzida uma revisão da literatura, nas bases de dados MEDLINE, CINAHL, EMBASE, PEDro, COCHRANE, SCIELO, BIREME. Os artigos identificados pela estratégia de busca inicial foram avaliados conforme os seguintes critérios de inclusão: (1) possuíam população-alvo constituída com ulcerações crônicas ou feridas decorrentes de Hanseníase ou Diabetes Mellitus; (2) pelo menos uma das intervenções em estudo incluía a terapia laser; (3) ensaios clínicos aleatorizados, estudos experimentais ou quase-experimentais; 4) análise de algum parâmetro para avaliação da úlcera pós- tratamento.

### 3 RESULTADOS

Dos 31 artigos encontrados, 7 foram incluídos nas análises dos resultados, totalizando 174 participantes, inseridos em estudos: Randomizado duplo-cego controlado por placebo; Estudo de casos; Ensaio clínico; Estudo prospectivo; Ensaio clínico comparativo; Estudo randomizado; Ensaio clínico controlado; Ensaio clínico experimental.

. As análises envolveram 49 indivíduos no grupo de hanseníase; e 219 no grupo de diabetes, dentre estes (Insuficiência arterial, danos de rádio, vasculite autoimune, úlceras de pressão, insuficiência venosa). Apresentavam úlceras crônicas.

Os grupos experimentais foram submetidos a tratamento com laser de baixa intensidade (LBI): 2 estudos utilizaram laser InGaAlP (fosfeto, índio, gálio alumínio)<sup>2,3</sup> ; 2 estudos laser HeNe (hélio-neônio)<sup>7,19</sup> ; 1 estudo utilizou laser infravermelho<sup>20</sup> ; 1 estudo não reportou o tipo de laser<sup>21</sup> e, 1 utilizou laser multidiódo<sup>22</sup>.

Os métodos de tratamento variaram: diferentes tipos de laser HeNe, InGaAlP, multidiódo, infravermelho); modulação: 632,8nm a 785 nm, de 1-2J a 10J; duração do tratamento: variou de aplicação única a 20 semanas de tratamento (6 vezes semanais). Incluindo amostras reduzidas.

Dentre os estudos incluídos, 5 demonstraram resultados favoráveis à aplicação do laser (LBI)<sup>3,7,19,20,22</sup>; 1 não demonstrou benefício adicional com a utilização do laser<sup>2</sup>; 1 não houve diferença estatisticamente significativa<sup>21</sup>.

Um resumo dos estudos incluídos é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Ensaios clínicos de tratamento com Laser de Baixa Intensidade (LBI) em úlceras hansênicas e diabéticas

<b>Estudo</b>	<b>Desenho do estudo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Desfecho</b>	<b>Resultados</b>
<b>SCHINDL, Andreas. et al.1998.</b> <sup>19</sup>	Randomizado, duplo - cego controlado por placebo.	N= 30 IDADE = 62 grupo controle/61.8 grupo de estudo. DIAGNÓSTICO= DM com microangiopatia diabética	TIPO DE LASER= HeNe MODULAÇÃO DO LASER= 632.8 nm 30mW, 30 J/cm <sup>2</sup> 50 min. DURAÇÃO DO TRATAMENTO= Tratamento único.	Temperatura.	Aumento da microcirculação da pele.
<b>GONÇALVES, Glauca. et al.2000.</b> <sup>7</sup>	Ensaio clínico.	N= 11 IDADE= não reportado. DIAGNÓSTICO= úlceras crônicas em hansenianos x não Hansenianos	TIPO DE LASER= HeNe MODULAÇÃO DO LASER= 632,8 nm. DURAÇÃO DO TRATAMENTO= 2-3x se - Por 3 sem./ 1semanas descanso, sucessivamente, até a cura.	Cicatrização.	O desaparecimento lesional predominou estatisticamente nos dois grupos tanto hansenianos, quanto não hansenianos.
<b>KAVIANI, Ahmad. et al.2001.</b> <sup>21</sup>	Randomizado, duplo - cego controlado por placebo.	N= 23 IDADE= 59,4 grupo controle/60,2 grupo de estudo. DIAGNÓSTICO= DM.	TIPO DE LASER= não reportado. MODULAÇÃO DO LASER= 685 nm, 50mW 10 J / cm <sup>2</sup> 200 seg. DURAÇÃO DO TRATAMENTO= 20 semanas – 6X por semana, durante, pelo menos, duas semanas sucessivas e, em seguida, todos os outros dias até à cura completa.	Cura.	A diferença não foi estatisticamente significativa nos grupos LBI placebo e LBI tratamento.



<b>Estudo</b>	<b>Desenho do estudo</b>	<b>Participantes</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Desfecho</b>	<b>Resultados</b>
<b>SALTMARCHE, Anita E.2008.</b> <sup>20</sup>	Prospectivo, ensaio clínico comparativo.	N= 16 IDADE= 85.1 anos. DIAGNÓSTICO= DM, úlceras de pressão, insuficiência venosa.	TIPO DE LASER= Infravermelho. MODULAÇÃO DO LASER= 16 x 5mW 50mW 785nm. 2-4 J (1 min. margem da ferida) /1-2 J (30 seg. leito da ferida) /4-6 J (2 min. escara). DURAÇÃO DO TRATAMENTO= 9 semanas (semana 1: diariamente por 5 dias. Semanas 2-9: 3 x por semana até a cura ou no final de estudo).	Cicatrização.	Seguro e eficaz.
<b>BARRETO, Josafá G.; SALGADO, Cláudio G.2010.</b> <sup>2</sup>	Ensaio clínico randomizado.	N= 25 IDADE= 59,9 DIAGNÓSTICO.= Hansenianos com úlceras neuropáticas	TIPO DE LASER= InGaAIP (fosfeto índio, gálio alumínio). MODULAÇÃO DO LASER= 660nm/40mw /2-4J/cm2. DURAÇÃO DO TRATAMENTO= 3x/sem. durante 12 semanas.	Cicatrização.	Não demonstrou qualquer benefício adicional para a cicatrização da úlcera.
<b>XAVIER, Evando Monteiro. et al.2011.</b> <sup>3</sup>	Ensaio clínico experimental.	N= 13 IDADE= 42 a 76 anos. DIAGNÓSTICO.= Hansenianos com feridas crônicas.	TIPO DE LASER= InGaAIP (fosfeto índio, gálio alumínio) MODULAÇÃO DO LASER= 660nm /20mw contínuo 5j/cm2 durante 10seg. DURAÇÃO DO TRATAMENTO= 4 meses (semanalmente durante 3 semanas, com pausa de 1semana).	Cicatrização.	Eficaz como fator acelerador no processo de reparo de feridas crônicas decorrentes da hanseníase, não contaminadas e de menor diâmetro.
<b>KAJAGAR, Basavaraj M. et al.2012.</b> <sup>22</sup>	Randomizado, ensaio clínico controlado	N=68 IDADE= 50,94 anos grupo controle / 54,35 anos grupo de estudo. DIAGNÓSTICO= DM	TIPO DE LASER= multidiódo MODULAÇÃO DO LASER= 2-4 J / cm2 a 60 mW, 5 kHz DURAÇÃO DO TRATAMENTO = diariamente durante 15 dias.	Cicatrização.	LBI é benéfico como um adjuvante para a terapia convencional.

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A maioria dos resultados deste estudo demonstraram que o laser de baixa intensidade é um adjuvante benéfico para a cicatrização de úlceras crônicas em hansenianos e diabéticos.<sup>3,7,19,20,22</sup>

Dois estudos não comprovaram a mesma eficácia: entre estes, um não demonstrou qualquer benefício adicional para a cicatrização da úlcera devido ao uso dos parâmetros utilizados do LBI.<sup>2</sup> No outro estudo a diferença não foi estatisticamente significativa nos grupos LBI placebo e LBI tratamento, mas, é favorável a continuação do estudo randomizado controlado, incluindo grupos maiores e maior tempo de tratamento pelo potencial benefício na utilização do LBI <sup>21</sup>.

Apesar dos resultados demonstrarem a eficácia do LBI na cicatrização de úlceras crônicas neurotróficas, na maioria dos estudos, o tamanho da amostra é baixo para uma análise mais aprofundada e resultados significativos, o procedimento metodológico ou os detalhes das intervenções, foram variados, com diferentes tipos de laser, de modulação/ parâmetros, duração do tratamento, quantidade de aplicações.

As complicações crônicas decorrentes da Hanseníase e do Diabetes Mellitus (Síndrome do pé diabético) ambas culminando em úlceras neurotróficas, é um grande desafio terapêutico<sup>23</sup>. Tem um elevado impacto financeiro e um efeito grave sobre a qualidade de vida dos pacientes e pode até mesmo levar à amputação do membro <sup>1,2,5,6,24</sup>.

As úlceras crônicas tanto do pé diabético quanto as úlceras causadas pela hanseníase, são muitas vezes difíceis ou impossíveis de tratar com métodos convencionais<sup>25</sup>, a busca de mais opções de tratamento é uma necessidade real. O Laser de Baixa Intensidade, como um método não invasivo, livre de dor, com menores efeitos colaterais, tem sido considerado como uma possível opção de tratamento. <sup>24,23,26,27,28</sup>.

Ainda não existe uma explicação única sobre os modos biométricos e histológicos de funcionamento da terapia a laser no tratamento de úlceras. Mas na literatura, vários estudos de investigação tentam analisar vários efeitos da LBI sobre mecanismos de reparação tecidual. <sup>26</sup>

Décadas de pesquisa intensa não tem desvendado o mistério da cicatrização de feridas completamente. No entanto, é evidente que a cicatrização de feridas envolve vários processos biológicos em níveis moleculares e celulares. A pesquisa sobre a cicatrização de feridas tem como alvo biomodulação.<sup>5,28,29,30,31</sup>

A natureza superficial da absorção da radiação visível e infravermelha é inquestionável. O que é questionável é saber se a energia do *laser* atinge profundidade suficiente para produzir efeitos benéficos. Isso depende de a estimulação do processo biológico ser suficientemente sensível e discriminatória, capaz de responder às especificidades do comprimento de onda aplicado e se um nível de intensidade baixo é suficiente para desencadear um efeito positivo.<sup>17</sup>As configurações e parâmetros técnicos de dosagem, no entanto, que devem ser usados para produzir um efeito positivo em pacientes ainda são incertos. Muitos estudos existentes fornecem detalhes incompletos das características do tratamento, fazendo com que dificulte a replicação da pesquisa. Relatórios de tratamento a laser, bem-sucedidos das feridas humanas são abundantes, mas estudos rigorosamente controlados, dificilmente aparece na literatura.<sup>7</sup>

Talvez, a dificuldade de se encontrar os parâmetros e dosagens mais adequados do laser, se deva pela falta de conhecimento deste, de estudos que descrevam melhor a ferida, ou seja, a classificação da mesma (fase inflamatória, profundidade, tempo de evolução, conteúdo microbiano). Para aferir se as propriedades do laser, são eficazes ou não e, em quais situações são aplicáveis. Sendo de extrema importância envolver uma equipe interdisciplinar com experiência em feridas crônicas para em conjunto, avaliar e identificar a forma mais adequada para um tratamento mais efetivo.

## **5 CONCLUSÃO**

Como uma única terapia dificilmente tem a capacidade de induzir a cura completa, há necessidade de desenvolver tratamentos adjuvantes que possam melhorar ou acelerar o processo de cicatrização em úlceras crônicas.

Os estudos disponíveis sobre a laserterapia como métodos de tratamento de úlceras ainda não é comprovado cientificamente, embora existam relatos favoráveis à sua aplicação, o que deve estimular novas investigações.

A fim de obter provas conclusivas do laser de baixa intensidade no tratamento de úlceras, há necessidade de estudos de alta qualidade, randomizados, controlados e estudos duplo-cegos com desenhos adequados. Novas investigações são necessárias, para compreender o mecanismo dos efeitos do LBI sobre úlceras crônicas.

## REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Ministério de Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Área técnica de Dermatologia Sanitária. **Manual de condutas para Úlceras Neurotróficas e Traumáticas**. Série J. Cadernos de Reabilitação em Hanseníase; n. 2. Brasília, 2002.56p.
2. BARRETO, Josafá G.; SALGADO, Cláudio G. Clinic-epidemiological evaluation of ulcers in patients with leprosy sequelae and the effect of low level laser therapy on wound healing: a randomized clinical trial-2010. **BMC Infectious Diseases** Disponível em <[www.biomedcentral.com/1471-2334/10/237](http://www.biomedcentral.com/1471-2334/10/237)>. Acesso em: 21 de mai. 2015.
3. XAVIER, Evando Monteiro. et al. **Terapia com laser de baixa intensidade na cicatrização de feridas hansênicas**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, SP.
4. GOMES, Fernanda Guzzo; FRADE, Marco Andrey Cipriani; FOSS, Norma Tiraboshi. Úlceras cutâneas na hanseníase: perfil clínico-epidemiológico dos pacientes - 2007. **An. Bras. Dermatol.** Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962007000500006>>. Acesso em: 20 de mai. 2015.
5. MARQUES, Cristiane Michelle; MOREIRA, Demóstenes; ALMEIDA, Patrícia Neiva de. Atuação fisioterapêutica no tratamento de úlceras plantares em portadores de hanseníase. **Hansen. Int.**, v.28, n.2, p.145-150, 2003.
6. ODA, Roseli Marega; Noêmi; GALAN, Garcia de Almeida; Diltor; OPROMOLLA, Vladimir Araújo. Úlceras de perna em hanseníase, 2003. Disponível em: <[hansen.bvs.ilsl.br](http://hansen.bvs.ilsl.br)>. Acesso em: 21 de mai. 2015.
7. GONÇALVES, Glaucia. *et al.* Promovendo a cicatrização de úlceras hansênicas e não hansênicas com laserterapia: ensaio clínico em unidades ambulatoriais do Sistema Único de Saúde. **Hansen.int.**, v.25, n.2, p.133-42, jul./dez. 2000.
8. BRASIL. Ministério de Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Área técnica de Dermatologia Sanitária. Diabetes Mellitus. **Cadernos de Atenção Básica**; n.16.Brasília, 2006.56p.
9. APELQVIST, J. *et al.* Practical guidelines on the management and prevention of the diabetic foot. Based upon the International Consensus on the Diabetic Foot (2007) Prepared by the International. **Diabetes Metab. Res. Rev**; v.24, sup.n.1, p.181–187, jan. 2008.
10. MENDONCA, Ricardo José de; COUTINHO-NETTO, Joaquim. Aspectos celulares da cicatrização-2009. **An. Bras. Dermatol.** Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962009000300007>>. Acesso em: 20 de mai. 2015.
11. BLANCK, MARA. Fisiopatologia das feridas - 2008. Disponível em <http://ice-mac.org/pdf/collectanea/ci.pdf> . Acesso em: 20 maio 2015.

12. LUCAS C; STANBOROUGH RW; FREEMAN CL; HAAN RJ. "Efficacy of low-level laser therapy on wound healing in human subjects: a systematic review," **Lasers in Medical Science**, v. 15, n. 2, p. 84–93, 2000.
13. CÔRTEZ, Selma Márcia dos Santos. **Avaliação da cicatrização estimulada por aceleradores, em pacientes adultos com hanseníase, portadores de úlceras plantares**. 2008. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde), Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Brasília –DF.
14. HENRIQUES, Águida Cristina Gomes; CAZAL, Claudia; CASTRO, Jurema Freire Lisboa de. Ação da laserterapia no processo de proliferação e diferenciação celular: revisão da literatura. **Rev. Col. Bras. Cir.** v.37, n.4, p. 295-302, 2010. ISSN 0100-6991.
15. LINS, Ruthinéia Diógenes Alves Uchoa. et al. Aplicação do laser de baixa potência na cicatrização de feridas. **Odontol. Clín.-Cient.**, Recife, sup. 511-516, out./dez., 2011.
16. MACHADO, Dionis de Castro Dutra. Radiação visível e infravermelha. In: ROBERTSON, Val. et al. **Eletroterapia Explicada: princípios e prática**. 4.ed. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier, 2006. Cap.16, p.428-447.
17. BECKMANN, Kathrin H.; MEYER-HAMME, Gesa; SCHRÖDER, Sven. Low Level Laser Therapy for the Treatment of Diabetic Foot Ulcers: A Critical Survey-2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1155/2014/626127>>. Acesso em: 21 de mai. 2015.
18. KARU, Tiina. Photobiology of low-power laser effects, **Health Physics**. v. 56, n.5, p. 691–704. 1989.
19. SCHINDL, Andreas. et al. Low-intensity laser irradiation improves skin circulation in patients with diabetic microangiopathy. **Diabetes Care**, v. 21, n. 4, p. 580–584, 1998.
20. SALTMARCHE, Anita E. Low level laser therapy for healing acute and chronic wounds—the extendicare experience, 2008. **International Wound Journal**,v.5, n.2, p.351–360.
21. KAVIANI,Ahmad. *et al.* A randomized clinical trial on the effect of low-level laser therapy on chronic diabetic foot wound healing: a preliminary report. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.29, n.2, p.109–114, 2011.
22. KAJAGAR, Basavaraj M. *et al.* Efficacy of low level laser therapy on wound healing in patients with chronic diabetic foot ulcers—a randomised control trial, 2012.**Indian Journal of Surgery**, v.74, n.5, p.359–363.
23. LANDAU, Zvi. *et al.* Visible light-induced healing of diabetic or venous foot ulcers: a placebo-controlled double-blind study. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.29, n.6, p. 399–404, 2011.
24. SCHINDL, Martin. *et al.* Induction of complete wound healing in recalcitrant ulcers by low-intensity laser irradiation depends on ulcer cause and size. **Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine**,v.15, n.1, p.18–21,1999.

25. GOTTRUP Finn, APELQVIST Jan. Present and new techniques and devices in the treatment of DFU: a critical review of evidence. **Diabetes/Metabolism Research and Reviews**, v.28, sup.1, p. 64–71, 2012.
26. HOURELD Nicolette; ABRAHAMSE Heidi. Low-intensity laser irradiation stimulates wound healing in diabetic wounded fibroblast cells (WS1). **Diabetes Technology and Therapeutics**, v.12, n.12, p.971–978, 2010.
27. DANNO Kiichiro. *et al.* Near-infrared irradiation stimulates cutaneous wound repair: laboratory experiments on possible mechanisms. **Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine**, v.17, n.6,p. 261–265, 2001.
28. HAWKINS Denise; ABRAHAMSE Heidi. Effect of multiple exposures of low-level laser therapy on the cellular responses of wounded human skin fibroblasts. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.24, n.6, p.705–714,2006.
29. GAME, FL. *et al.* A systematic review of interventions to enhance the healing of chronic ulcers of the foot in diabetes. **Diabetes/Metabolism Research and Reviews**, v. 28, sup.1, p.119–141, 2012.
30. MINATEL, Débora G. *et al.* Phototherapy promotes healing of chronic diabetic leg ulcers that failed to respond to other therapies. **Lasers in Surgery and Medicine**, v.41, n.6, p. 433–441, 2009.
31. ZHOU, J-D. *et al.* Increased expression of heat shock protein 70 and heat shock factor 1 in chronic dermal ulcer tissues treated with laser-aided therapy, 2008. **Chinese Medical Journal**, v.121, n.14, p.1269–1273.