

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

KAROLINE SWIETLICKI PEDROZO

USO DE LASERTERAPIA NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS

CAMPINAS

2023

KAROLINE SWIETLICKI PEDROZO

USO DE LASERTERAPIA NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária na Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Orientadora: Profa. Dra. Lívia Aparecida D'Avila Bitencourt Pascoal Biazzo

PUC-CAMPINAS

2023

Ficha Catalográfica

Elaborada pela Biblioteca da PUC Campinas

Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI

Pedrozo, Karoline Swietlicki

P372u

Uso de Laserterapia na Cicatrização de Feridas Cutâneas /
Karoline Swietlicki Pedrozo. - Campinas: PUC-Campinas, 2023.

39 il.

Orientador: Profa. Dra. Livia Aparecida D'Avila Bitencourt
Pascoal Biazzo.

TCC (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Faculdade de
Medicina Veterinária/ Graduação, Escola de Ciências da Vida,
Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Formulário. 2. Ficha Catalográfica. 3. Biblioteca.

FOLHA DE APROVAÇÃO

KAROLINE SWIETLICKI PEDROZO

USO DE LASERTERAPIA NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito para a obtenção do grau de Bacharel no Curso de Graduação em Medicina Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária, Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC- Campinas, pela banca examinadora:

Professor(a)-Orientador(a): _____

Profa. Dra. Livia Aparecida D'Avila Bitencourt Pascoal Biazzo
Faculdade de Medicina Veterinária
PUC-Campinas

Membro: Profa. Dra. Bruna Marcelle Martins De Oliveira
Faculdade de Medicina Veterinária
PUC-Campinas

Membro: Prof. Dr. Douglas Segalla Caragelasco
Faculdade de Medicina Veterinária
PUC-Campinas

Campinas

2023

“A medicina cura o homem, a medicina veterinária cura a humanidade”

- Louis Pasteur

Dedico este trabalho ao meu grande amor de quatro patas, Robert.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Flavio e Marcia e à minha irmã, Glaucia. Obrigada pelo apoio incondicional de sempre e por todo o suporte necessário durante essa trajetória. Amo muito vocês!

Agradeço a todas as pessoas que participaram desta etapa da minha vida e que, de alguma forma, contribuíram para minha realização.

Aos meus amigos de longa data, que me acompanham desde o tempo da escola, obrigada por sempre estarem ao meu lado.

Às minhas amigadas que cultivei na faculdade, que também desempenharam um papel de extrema importância no meu dia a dia, compartilhando todas as alegrias e desafios dessa jornada acadêmica. Espero que essa amizade se perpetue ao longo da vida.

Aos meus queridos professores, quero expressar meu profundo apreço por todo o conhecimento enriquecedor, pelas experiências proporcionadas e pela competência demonstrada em suas funções. Em especial, agradeço à professora Lívia por sua orientação e seu tempo dedicado a este trabalho.

Aos animais que passaram pela minha vida e me ensinaram lições valiosas, desencadeando minha paixão pela medicina veterinária, quero prestar minha homenagem. Em especial, aos meus animais Bennie e Fio, que ao longo da graduação estiveram ao meu lado durante as aulas online e estudos, permitindo-me praticar o exame físico.

Por fim, quero dedicar um agradecimento sincero e genuíno ao Robert, meu amado companheiro canino. Foi ele quem, com seu amor ao longo dos anos que compartilhamos juntos, despertou em mim o profundo interesse pelo cuidado e bem-estar dos animais. O amor incondicional que partilhamos sempre ocupará um lugar especial e eterno em meu coração.

RESUMO

Na rotina clínica e cirúrgica, a casuística de pacientes que apresentam feridas cutâneas é de suma importância. Estas podem surgir devido à diversas causas, como brigas, queimaduras, mordeduras, atropelamentos, entre outras. Para a escolha do tratamento adequado, é crucial um bom entendimento do processo cicatricial, a fim de determinar a intervenção terapêutica. Nesse contexto, uma abordagem promissora, que pode ser utilizada como uma alternativa à terapêutica farmacológica convencional ou como complementar a ela, é a aplicação do laser. Essa terapia demonstrou potencial para acelerar o processo de cicatrização, proporcionando não apenas benefícios na regeneração tecidual, mas também no alívio da dor, melhora da inflamação e diminuição do edema.

Palavras-chave: Ferida. Laserterapia. Laser de baixa intensidade. Cicatrização.

ABSTRACT

In surgical and clinical routine, the series of patients presenting with cutaneous wounds is of paramount importance. These wounds can arise from various causes, such as fights, burns, bites, accidents, among others. To choose the appropriate treatment, a good understanding of the healing process is crucial to determine the therapeutic intervention decision. In this context, a promising approach which can be used as an alternative or a complement to conventional pharmacological therapy is laser therapy. This therapy has demonstrated the potential to accelerate the healing process, providing not only benefits in tissue regeneration but also in pain relief, improving inflammation and edema reduction.

Keywords: Wound. Laser therapy. Low level laser. Healing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem representativa das camadas da pele	17
Figura 2. Imagem representativa das fases da cicatrização cutânea.....	19
Figura 3. Fase proliferativa da cicatrização cutânea.....	21
Figura 4. Aplicação do laser na ferida imediatamente após a cirurgia em um estudo que comparou a cicatrização com ou sem o uso da laserterapia	26
Figura 5. Fluxograma de todos os efeitos atribuídos com a laserterapia.....	29
Figura 6. Imagem comparativa de duas cadelas que passaram por procedimento de Ovariohisterectomia no mesmo dia.....	31
Figura 7. Ferida por mordida com presença de tecido necrótico	34
Figura 8. Ferida crônica em região de carpo esquerdo	35

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

AINES	Anti-inflamatório não esteroidal
ATP	Trifosfato de adenosina
Cco	Citocromo c oxidase
DNA	cido desoxirribonucleico
GaAIAs	Arseneto alumínio de gálio
GaAs	Arseneto de gálio
HeNe	Laser de hélio-neônio
J	Joules
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
J/cm ³	joule por centímetro cúbico
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
MASER	Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation
mW	Miliwatts
nm	Nanmetro
PDGF	Fator de crescimento derivado de plaquetas
PUC-Campinas	Pontifícia Universidade Católica de Campinas
RE	Retículo endoplasmático
RNA	cido ribonucleico
TGF- β	Fator de transformao de crescimento beta
UV	Ultravioleta
W	Watts
XIX	Dezenove

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	15
2.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DAS FONTES BIBLIOGRÁFICAS.....	15
2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 ASPECTOS ANATÔMICOS DA PELE	16
3.2 FERIDA	17
3.3 CICATRIZAÇÃO	19
3.3.1 Fase Inflamatória.....	20
3.3.2 Fase Proliferativa	21
3.3.3 Fase de Remodelamento ou maturação	22
3.3.4 Fatores que influenciam na cicatrização	23
3.4 LASER	24
3.4.1 História do uso do laser na Medicina	24
3.4.2 Classificação dos Laser	26
3.5 MECANISMO DE AÇÃO	28
3.5.1 Interação do LASER com os tecidos.....	28
3.5.2 Efeitos do LASER na redução da dor, inflamação e edema	30
3.5.3 Efeitos do LASER na cicatrização de feridas	32
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A cicatrização é um processo biológico que restaura a continuidade de um tecido após uma lesão. Com o aparecimento da ferida, se desencadeia uma série de eventos físicos, químicos e celulares com a capacidade de restaurar completamente um tecido lesionado (FOSSUM, 2015). O processo de reparo tecidual abrange diversas fases distintas da cicatrização, que incluem a inflamação, coagulação, formação do tecido de granulação, síntese de colágeno, epitelização e remodelação do tecido. Desse modo, ao ocorrer uma resposta inflamatória inadequada, associada a defeitos na produção e na diferenciação do colágeno, além de uma angiogênese ineficiente, podem surgir atrasos no processo de cicatrização. Essa condição, por sua vez, aumenta significativamente o risco de infecções e o tempo de hospitalização (RAMEH-DE-ALBUQUERQUE; GREGO; ALVES, 2021).

As feridas cutâneas representam ocorrências frequentes na rotina clínica e cirúrgica. Em casos em que o fechamento primário da ferida não é possível de ser efetuado devido a fatores como elevado grau de contaminação, é adotada a cicatrização por segunda intenção. Consequentemente, a ferida é tratada de forma aberta até a completa cicatrização ou até que seja possível associar o fechamento por terceira intenção (SILVA; GUEDES; HUPPES, 2017).

Assim, o tratamento adequado das feridas cutâneas requer o conhecimento do processo cicatricial para escolher a intervenção terapêutica mais adequada. Portanto, a busca constante por novos medicamentos, materiais e terapias que promovam a reparação tecidual mais rápida é fundamental (OLIVEIRA, 2019; SILVA et al., 2020).

Neste contexto, a laserterapia surge como uma abordagem promissora. O LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) é um dispositivo que emite energia na forma de luz, sendo uma forma de radiação eletromagnética em um comprimento de onda do espectro visível (MCGOWAN; GOFF; STUBBS, 2012). Existem diversas classificações de laser que podem ser usados como princípio terapêutico, porém aqueles mais utilizados na medicina veterinária são os de alta e baixa potência (MCGOWAN; GOFF; STUBBS, 2012).

O laser de alta potência são os dispositivos utilizados em cirurgias que, devido ao seu efeito térmico, permitem com que a luz promova o corte, coagulação e a remoção dos tecidos (MCGOWAN; GOFF; STUBBS, 2012). Por outro lado, o laser de baixa potência, denominado de laserterapia, possui efeito bioestimulador e trata-se de uma terapia não invasiva, que, após ser absorvido pelos tecidos e mitocôndrias, causa aceleração no metabolismo local. Com isso,

uma de suas indicações é no processo de reparação tecidual, incluindo a redução de inflamações e edema, bem como no controle da dor. Também possui indicação em condições inflamatórias, dolorosas ou traumáticas como feridas, lacerações e infecções de pele, injúrias musculoesqueléticas, osteoartrite, dermatites e desordens neurológicas (KLOS; COLDBELLA; COVATTI, 2020). Nas feridas, essa terapia promove a proliferação dos fibroblastos, resultando em uma cicatriz mais elástica e resistente devido ao aumento do teor de colágeno (MIKAIL & PEDRO, 2009).

No entanto, a eficácia da laserterapia depende de diversos fatores, como comprimento de onda, potência, dose e tempo de aplicação. Potências muito baixas ou muito elevadas podem ocasionar efeitos adversos. Além disso, o uso do laser é contraindicado em certas condições e locais, incluindo tumores malignos, epilepsias, na glândula tireoide, sobre o abdômen gravídico, hipersensibilidade e trombose em veia pélvica ou profundas. Há trabalhos que relatam também que, ao utilizar em feridas infectadas, o laser pode estimular as bactérias, portanto, em tais casos, deve ser aplicado em combinação com luz ultravioleta ou em associação a antibióticos tópicos (ANDRADE; CLARK; FERREIRA, 2014; WINKLER, 2019).

Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo mostrar os aspectos relevantes do uso do laser de baixa intensidade como alternativa ou adjuvante no processo de reparo cicatricial, redução de edema e inflamação, alívio da dor e sua utilização como abordagem terapêutica em animais e seus tecidos.

2 METODOLOGIA

O presente estudo é um trabalho de revisão bibliográfica, envolvendo o levantamento de trabalhos científicos disponíveis nas seguintes bases de dados eletrônicas: Google acadêmico, *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), PubMed, PubVet, bem como livros, revistas científicas e jornais que fornecessem informações da área de Medicina Veterinária, em concordância com o assunto em análise.

2.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DAS FONTES BIBLIOGRÁFICAS

Como critério de inclusão selecionamos apenas trabalhos nas línguas inglesa e portuguesa, e o levantamento bibliográfico consultado abrangeu os anos de 2004 e 2022. Para a realização da pesquisa, foram utilizados indexadores específicos, tais como: Laser, dog, cat, animals, laserterapia, laser terapêutico, terapia a laser, Fotobiomodulação, photobiomodulation, laser therapy, wound healing, phototherapy, low-level laser, laser de baixa intensidade, cicatrização.

2.2 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Como critério de exclusão, foram descartados trabalhos que não estavam nos idiomas definidos, sem caráter científico, publicados há mais de 20 anos e que não apresentavam os descritores de interesse.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ASPECTOS ANATÔMICOS DA PELE

A pele representa o maior órgão do corpo dos animais. Anatomicamente é composta por três estruturas fundamentais: epiderme, derme e hipoderme, além de acomodar estruturas anexas como os folículos pilosos, unhas e as glândulas sebáceas, sudoríparas e mamárias. Quando se encontra íntegra, a pele desempenha múltiplas funções essenciais, como defesa contra entrada de microrganismos, prevenção da perda excessiva de água, proteção contra lesões, lacerações, resistência à atritos e agentes químicos, bem como, termorregulação do organismo e sensibilidade através das terminações nervosas (DYCE et al., 2010; KONIG & LIEBICH, 2016).

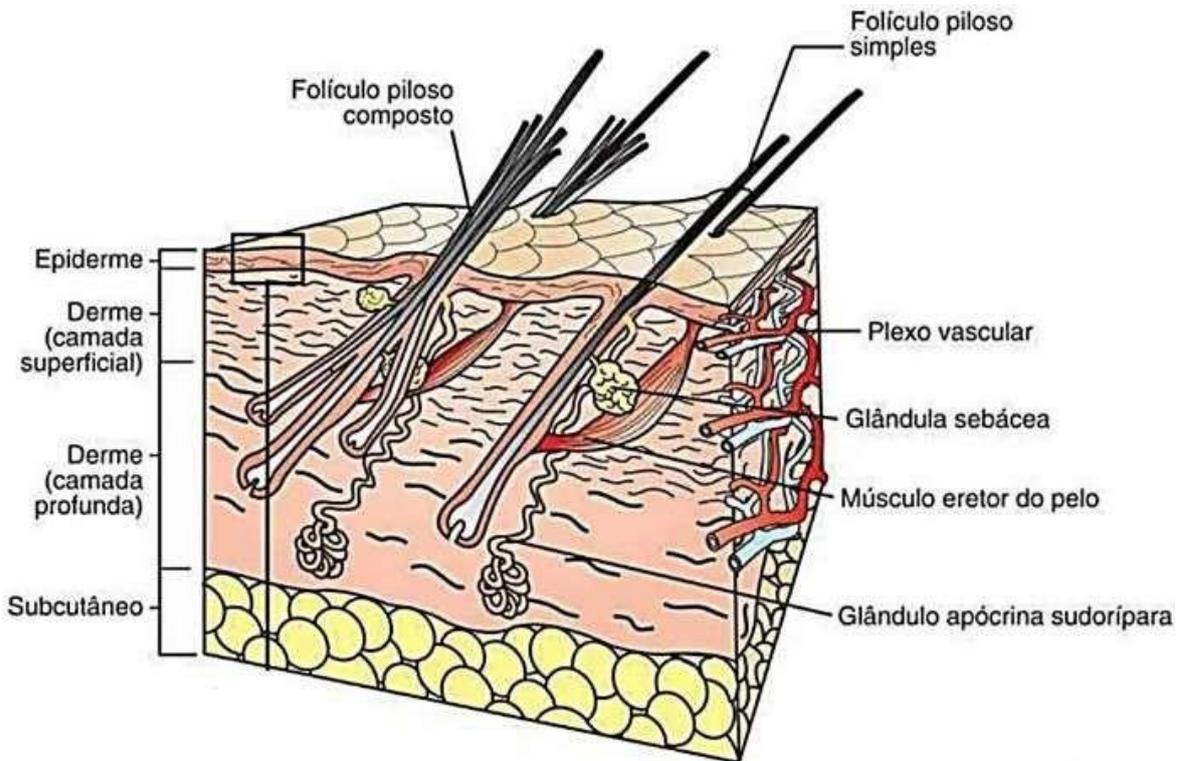
A epiderme é a camada mais externa, superficial, fina e avascular da pele. Ela é composta por epitélio estratificado pavimentoso queratinizado e abriga suas células de atuação, como os queratinócitos, melanócitos, células de Langerhans e de Merkel. Sua nutrição ocorre por meio da difusão dos capilares dérmicos. A espessura da epiderme pode variar de acordo com a região do corpo, podendo ser mais fina em áreas cobertas por pelos, enquanto regiões sem pelos, como o nariz e os coxins, mais espessa devido à presença de queratina (DYCE et al., 2010; FOSSUM, 2015).

A derme, por sua vez, consiste em tecido conjuntivo, desempenhando o papel de promover a sustentação da epiderme, ligando-a ao subcutâneo. Esta camada é a mais espessa e é suprida por vasos sanguíneos, vasos linfáticos, nervos cutâneos, bem como feixes de colágeno e fibras elásticas, responsáveis por proporcionar a elasticidade e resistência a pele. Além disso, as fibras também mantêm o folículo piloso suspenso (DYCE et al., 2010). Os vasos sanguíneos e linfáticos, os nervos, o folículo piloso, as glândulas e as fibras dos músculos lisos contribuem para diversos mecanismos, como termorregulação, força, tensão e flexibilidade. As glândulas sebáceas conferem a característica de impermeabilidade à água, enquanto as glândulas sudoríparas são importantes para a excreção de substâncias (DYCE et al., 2010; FOSSUM, 2015; KONIG & LIEBICH, 2016).

A hipoderme ou também denominada de subcutâneo, é constituída por tecido conjuntivo frouxo e representa a camada mais profunda da pele. Sua função é unir a derme aos órgãos subjacentes. Sua espessura está diretamente relacionada ao estado nutricional do animal, pois é permeada pelo tecido adiposo que, quando desenvolvido, forma uma camada adiposa

constituída pelo panículo adiposo. Essa camada exerce funções essenciais, como o modelamento do corpo, fornecimento de isolamento térmico e o armazenamento de energia (DYCE et al., 2010; KONIG & LIEBICH, 2016, JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2017). As três camadas da pele, assim como as estruturas presentes em cada uma delas, estão detalhadas e representadas na figura 1.

Figura 1. Imagem representativa das camadas da pele.



Fonte: Adaptação de McGAVIN & ZACHARY, 2018

3.2 FERIDA

Uma ferida é toda e qualquer descontinuidade da integridade da pele que frequentemente resulta de eventos traumáticos, podendo ser acidentais ou cirúrgicos. Feridas acidentais podem ser provenientes devido a casos de avulsões, lacerações, queimaduras ou perfurações, e essas estão suscetíveis a infecções, geralmente requerendo cuidados mais prolongados. Em contraste, as feridas cirúrgicas envolvem incisões com perda mínima de tecido, que na maioria das vezes, tendem a apresentar um menor risco de infecções

significativas, permitindo um fechamento primário seguro (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; RAMOS, 2021).

Existem diversas maneiras de classificar as feridas, o que depende das circunstâncias em que o animal as adquiriu e de sua aparência. No entanto, três critérios essenciais são amplamente utilizados para a classificação de feridas: o tipo de cicatrização, que pode ser aberta ou fechada, o grau de contaminação e a sua duração (RAMOS, 2021).

As feridas fechadas ocorrem em casos de contusões, nas quais não houve ruptura da pele, embora os tecidos subjacentes possam estar lesionados. Em casos em que não é adotado um tratamento adequado, essas feridas podem evoluir para soluções descontínuas e darem origem a uma ferida aberta. Essas, por sua vez, ocorrem quando há perda da integridade cutânea, seja por uma incisão, punção, perfuração, queimaduras, laceração ou por avulsão (RAMOS, 2021; HOERNING, 2022).

Ainda podem ser classificadas como primeira intenção, quando o fechamento é pela aproximação das bordas por meio de suturas, por segunda intenção quando não há possibilidade de aproximar as bordas das feridas, devido à grande perda cutânea e por fim, por terceira intenção, onde as feridas inicialmente foram tratadas de modo a diminuir seu grau de contaminação e posteriormente suturada (HOERNING, 2022).

A classificação das feridas com base no nível de contaminação permite a diferenciação em quatro categorias: limpas, limpa-contaminadas, contaminadas e sujas ou infectadas. As feridas limpas são as cirurgicamente realizadas em condições assépticas; as limpa-contaminadas apresentam contaminação moderada, relacionada a procedimentos do trato urinário, geniturinário e gastrointestinal; as contaminadas resultam de traumas com presença significativa de microrganismos e comprometimento das condições da técnica de assepsia; e as feridas sujas ou infectadas são as abertas de traumas antigos, caracterizada pela presença de pus, tecido lesado e exsudato (MANTOVANI et al., 2021).

É importante observar que durante as primeiras quatro a seis horas após a lesão, a contaminação ainda pode ser mínima, sendo classificadas como limpas (DERNER, 2006). Após esse período, são classificadas em três classes com base no tempo decorrido das lesões abertas. As da Classe 1 correspondem às feridas com menos de seis horas de duração, Classe 2 correspondem às feridas expostas por seis a doze horas e Classe 3 correspondem às feridas expostas há mais de doze horas (RAMOS, 2021; MANTOVANI et al., 2021).

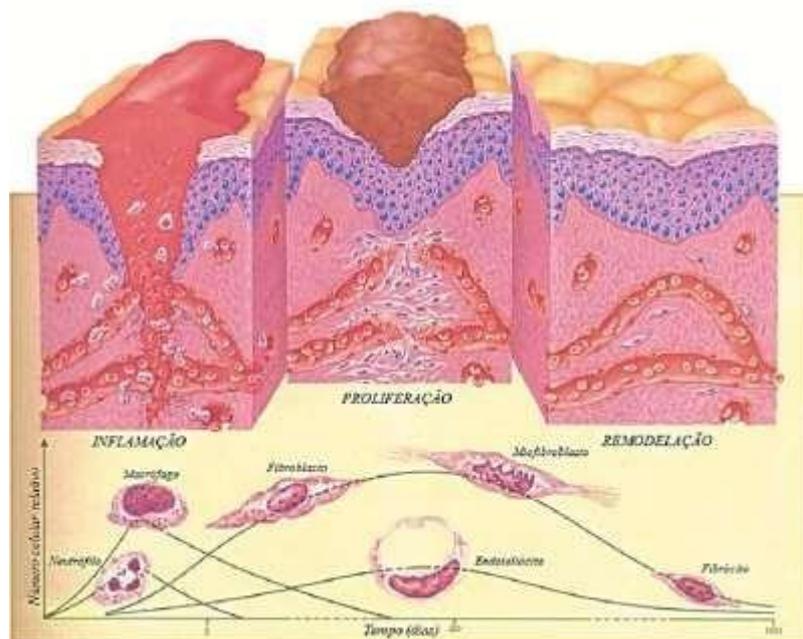
3.3 CICATRIZAÇÃO

Após uma lesão ou incisão, uma série de eventos bioquímicos são estabelecidos para reparar o dano e promover a cicatrização. Esse é um processo sistêmico e dinâmico que consiste em uma cascata de eventos, podendo ser dividido segundo suas características microscópicas e macroscópicas (FOSSUM, 2015).

Para a escolha da abordagem e da técnica de manejo adequada, é fundamental reconhecer as características da ferida e avaliar os fatores que possam intervir na evolução. Com essa finalidade, são utilizadas classificações referentes aos estágios da cicatrização, inicialmente dividida em cinco elementos principais: inflamação, proliferação celular, formação do tecido de granulação, contração e remodelação da ferida (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007).

No entanto, alguns autores preferem uma abordagem mais didática, considerando somente três fases consecutivas: fase inflamatória, fase proliferativa ou de reparação e fase de remodelamento ou de maturação, como evidenciado na figura 2 (FOSSUM, 2015; SILVA; GUEDES; HUPPES, 2017).

Figura 2. Imagem representativa das fases da cicatrização cutânea. Fase inflamatória: hemostasia e vasodilatação para promover a quimiotaxia. Fase proliferativa: epitelização, angiogênese, formação de tecido de granulação e deposição de colágeno. Fase: de remodelamento: deposição de colágeno de forma organizada.



Fonte: ISAAC et al., 2010.

3.3.1 Fase Inflamatória

Essa primeira fase se inicia imediatamente após a lesão, através da ruptura dos vasos sanguíneos e linfáticos, resultando no sangramento. Isso traz consigo a liberação de substâncias vasoconstritoras, que preenchem a ferida com plaquetas, hemácias, fibrinogênio, entre outras substâncias, selando as bordas da ferida e formando um coágulo que visa à homeostasia e a criação de uma barreira impermeável contra a invasão de microrganismos e a perda de sangue e líquidos (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; FOSSUM, 2015; OLIVEIRA, 2019).

Com a lesão tecidual, as plaquetas são ativadas pelas substâncias da matriz extracelular que envolve o endotélio vascular quando o colágeno é exposto, formando o coágulo. Além de participar da formação da homeostasia, as plaquetas liberam mediadores responsáveis pela iniciação do reparo. O fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF) e o fator de transformação de crescimento beta (TGF- β) recrutam células como neutrófilos e macrófagos, além de recrutar fibroblastos e ativar a produção de colágeno e glicosaminoglicanos (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; OLIVEIRA, 2018).

Desta forma, as células da fase inflamatória causam vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo, aumentando a permeabilidade vascular e favorecendo a exsudação plasmática. A manifestação clínica da resposta inflamatória é reconhecida através de rubor, tumor, calor, dor e perda da função da área acometida, período esse que dura aproximadamente de 2 até 5 dias após a lesão (FOSSUM, 2015; OLIVEIRA, 2019).

Os primeiros tipos celulares de defesa a chegarem à ferida são os neutrófilos e os monócitos, que se concentram principalmente nas primeiras 24 horas após a lesão. Os neutrófilos se aderem à parede do endotélio e auxiliam impedindo a entrada de infecções, removendo debris celulares e estimulando os monócitos. Esses monócitos, por sua vez, sintetizam fatores de crescimento essenciais para a cicatrização e se diferenciam em macrófagos (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; FOSSUM, 2015).

Os macrófagos continuam atuando na remoção do tecido necrótico, corpo estranho e bactérias, iniciado pelos neutrófilos. Além disso, contribuem para o início da fase proliferativa, secretando fatores de crescimentos e quimiotáticos, coordenando a formação do tecido de granulação, estimulando a angiogênese e a síntese de matriz extracelular (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; OLIVEIRA, 2019).

Nesta fase, é crucial reduzir a contaminação da ferida por meio de uma limpeza adequada da pele e um debridamento adequado, favorecendo as defesas do organismo e prevenindo o desenvolvimento de infecções (SILVA; GUEDES; HUPPES, 2017; OLIVEIRA, 2019).

3.3.2 Fase Proliferativa

Esta fase inicia-se entre o 3º e 5º dia após a lesão e pode durar até 20 dias ou várias semanas (FOSSUM, 2015). É caracterizada pela epitelização ou reepitelização, angiogênese, produção de colágeno e contração para formação do novo tecido (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007).

Na epitelização, as funções perdidas devido à lesão são restauradas, começando imediatamente nas margens da ferida. Isso permite a reconstituição da integridade do tecido, resultando em processos que permitem a migração e diferenciação dos queratinócitos, criando um epitélio que serve como barreira contra infecções e perda de fluidos internos. Em feridas suturadas, essa reconstituição se inicia quando há adequada aposição das bordas, pois não há defeitos importantes para serem preenchidos pelo tecido de granulação (Figura 3A). Nos ferimentos abertos, a epitelização ocorre somente após a formação de um leito de granulação formado (Figura 3B) (FOSSUM, 2015).

Figura 3. Fase proliferativa da cicatrização cutânea.



Fonte: Imagens cedidas pelo corpo clínico da Clínica Veterinária da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

A angiogênese é estimulada pela atuação dos mediadores liberados pelos macrófagos e envolve a migração de células endoteliais e a formação de novos capilares, sendo essencial para o suprimento de oxigênio e nutrientes essenciais para a cicatrização (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; OLIVEIRA, 2018).

Na parte final desta fase, ocorre a formação do tecido de granulação, que é mediada através da migração dos fibroblastos em direção à ferida. No entanto, essa migração requer a ativação dos fibroblastos por meio de fatores de crescimento específicos, os quais induzem a diferenciação dos fibroblastos em miofibroblastos. Esses possuem a capacidade de se contrair e expandir, permitindo sua movimentação de forma coordenada pela área da lesão (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007).

O colágeno, uma proteína de elevado peso molecular, é encontrado em dois principais tipos na derme, o tipo I e o tipo III. Os miofibroblastos alinham-se de maneira precisa às fibras de colágeno e esse processo resulta na deposição de colágeno na ferida. O término desta fase é marcado pela diminuição dos capilares, fibroblastos e pela deposição de colágeno (OLIVEIRA, 2019).

3.3.3 Fase de Remodelamento ou maturação

Essa fase representa o desfecho do processo de cicatrização, caracterizado pela organização da deposição do colágeno. A maturação tem seu início na fase proliferativa, aproximadamente 20 dias após a lesão, e pode se estender por meses ou mesmo por um ano (FOSSUM, 2015). Durante esse período, observa-se uma diminuição na atividade celular e no número de vasos sanguíneos, acompanhada da reorganização do colágeno, resultando em um aumento da resistência cicatricial (SILVA; GUEDES; HUPPES, 2017).

O colágeno produzido inicialmente passa por um processo de reorganização mais precisa, com a substituição do colágeno tipo III pelo colágeno tipo I, cuja produção é ampliada pelos fibroblastos. Isso resulta em fibras de colágeno mais espessas, resistentes e organizadas, direcionada ao longo das linhas de tensão cutânea, o que aumenta a força tênsil da cicatriz. O processo de remodelamento da nova matriz é crucial para o sucesso da cicatrização e ocorre quando há um equilíbrio entre a síntese da nova matriz e lise da matriz antiga (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; FOSSUM, 2015). As fases da cicatrização estão evidenciadas na figura 3.

3.3.4 Fatores que influenciam na cicatrização

Diversos fatores exercem influência significativa no processo de cicatrização. Um dos principais determinantes é a idade do animal, já que os animais mais idosos tendem a apresentar uma cicatrização mais lenta. Essa desaceleração pode ser atribuída à presença comum de doenças concomitantes, sistema imunológico ineficiente ou à fragilidade física desses pacientes, diferentemente dos mais jovens e saudáveis, que geralmente possuem uma cicatrização mais rápida (RAMOS, 2021).

A localização e o tipo de ferida influenciam a cicatrização. Feridas em áreas mais vascularizadas e em regiões de menor mobilidade e tensão cicatrizam mais rapidamente do que aquelas em regiões pouco vascularizadas ou com grande mobilidade e tensão (LEAL & CARVALHO, 2014).

A desnutrição também representa um fator relevante, uma vez que o organismo necessita de glicose como fonte de energia para um funcionamento celular adequado, e a sua ausência pode prejudicar o reparo. Além disso, deficiências de proteínas e vitamina C afetam diretamente a síntese de colágeno (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; RAMOS, 2021).

Condições como anemia severa ou uma hipovolemia podem impactar negativamente na formação do coágulo e no fluxo sanguíneo, afetando diretamente a cicatrização (RAMOS, 2021). Além disso, doenças pré-existentes como diabetes mellitus, hiperadrenocorticism, doença renal, também influencia na cicatrização. Pacientes diabéticos possuem maior predisposição as infecções, o que agrava ainda mais o processo cicatricial (CAMPOS; BORGES-BRANCO; GROTH, 2007; RAMOS, 2021).

A administração de corticosteroides e de certos agentes quimioterápicos também representa um desafio, uma vez que essas substâncias têm o potencial de deprimir o processo de cicatrização de diversas maneiras, podendo inibir a atividade dos fibroblastos, prejudicar a neovascularização, atrasar a epitelização, diminuir a permeabilidade vascular e interferir na migração dos macrófagos, além de comprometer a deposição de colágeno e de aumentar os riscos de infecções (RAMOS, 2021).

A presença de corpos estranhos, sujidades, contaminantes e fragmentos ósseos também pode ser a causa de reações inflamatórias que perturbam a matriz extracelular e, conseqüentemente, interferem na cicatrização (RAMOS, 2021).

Por fim, sabe-se que a hiperatividade e o estresse resultam em movimentação excessiva, o que dificulta a aproximação das bordas, prejudicando a aderência da pele com a fáscia muscular, reduzindo a resposta imunológica e podendo tornar a cicatrização mais lenta (LEAL & CARVALHO, 2014).

3.4 LASER

3.4.1 História do uso do laser na Medicina

O uso da energia luminosa é considerado uma das formas mais antigas de terapêutica. Desde os tempos pré-históricos, acreditava-se que a luz solar poderia afastar maus espíritos associados a doenças. Da mesma forma, as antigas civilizações associavam a luz solar à saúde e à cura. Os primeiros físicos reconheciam a importância do sol para o crescimento ósseo e recomendavam banhos de sol como tratamento para condições como epilepsia, artrite e asma. Essa crença ancestral incentivou os cientistas do século XIX a investigar os efeitos dessa radiação luminosa. E durante esse período, se descobriu o efeito bactericida da luz solar, um achado que serviu como precursor para o uso da radiação ultravioleta (UV) para esterilização (WINKLER, 2019).

Em 1916, Albert Einstein postulou sua teoria da relatividade, explicando o princípio da emissão estimulada dos fótons, lançando as bases para a compreensão de como os átomos poderiam produzir energia por meio desse processo (MIKAIL, 2008). Com base nessa teoria, em 1960, Theodore Maiman desenvolveu o primeiro dispositivo, o MASER, ou amplificador de micro-ondas por emissão estimulada da radiação, criando a possibilidade de trabalhar na região visível da radiação, ou seja, em região óptica do espectro eletromagnético. Esse dispositivo foi construído sobre uma base de cristal rubi. Posteriormente, o termo foi renomeado para LASER, substituindo o M (microwave) para a L (light) (MIKAIL & PEDRO, 2009).

Somente em 1970, o Dr. Ender Mester, considerado o fundador da fotobiomodulação, documentou pela primeira vez os efeitos terapêuticos na cicatrização de feridas em seu modelo experimental com camundongos. Seu experimento demonstrou como o efeito do laser pode ser sistêmico e não apenas localizado. O estudo de Mester inspirou pesquisadores de diferentes partes do mundo a conduzir seus próprios estudos sobre laser na medicina (FERNANDES, 2022).

Na medicina veterinária, o laser foi inicialmente utilizado em cirurgias de cães e equinos em procedimentos de laringe e, posteriormente, em procedimentos oncológicos (SILVA et al., 2020). Os resultados promissores desses estudos iniciais levaram ao uso do laser em procedimentos cirúrgicos gerais, em feridas cutâneas, ressecção de lobos hepáticos, remoção de tumores e excisão parcial dos rins (Figura 4) (WINKLER, 2019).

Para os animais, o laser pode ser utilizado tanto para o tratamento de dores agudas quanto no tratamento de dores crônicas como alternativa à terapia farmacológica. Por não apresentar efeitos sistêmicos, pode ser benéfico para qualquer paciente, especialmente aqueles que possuem restrições medicamentosas ao uso de anti-inflamatórios e analgésicos (SILVA et al., 2020).

Pode apresentar bons resultados em um tempo e uma frequência de administração menor se comparada à terapia farmacológica, além de evitar o estresse do animal e do tutor no momento da administração de medicamentos por via oral, que pode se repetir até 4 vezes ao dia. Permite realizar esse manejo terapêutico em quase todo animal, visto que não possui efeitos colaterais. No entanto, é importante observar que resultados insatisfatórios podem surgir caso o tratamento seja realizado em dosagem, tempo e distância inadequados (SILVA et al., 2020).

FREITAS et al., (2021) abordam em seu trabalho que os animais selvagens e de vida livre se beneficiam dessa terapia, pois esses animais não estão habituados à restrição de espaço e ao contato com seres humanos. Ao necessitarem de cirurgias e outros tipos de tratamentos com longos períodos de recuperação, eles necessitam de grande interação e contato humano, podendo acarretar padrões indesejados de comportamento. Já com a laserterapia, associada com outros tratamentos, possui grande potencial para diminuir o tempo de recuperação do animal, sendo, portanto, uma alternativa para reduzir o tempo de manejo, minimizar os possíveis danos causados pela interação excessiva e reintegrar o animal ao seu habitat de maneira mais rápida.

Figura 4. Aplicação do laser na ferida imediatamente após a cirurgia em um estudo que comparou a cicatrização com ou sem o uso da laserterapia. Observe que as feridas contralaterais estão protegidas do reflexo da luz do laser através da cobertura com gaze úmida.



Fonte: KURACH et al., 2014.

3.4.2 Classificação dos Laser

Baseado nas leis fundamentais da interação da radiação luminosa, o laser é uma fonte de radiação capaz de produzir campos eletromagnéticos intensos e coerentes que se estendem do infravermelho ao ultravioleta (OLIVEIRA, 2019). Os aparelhos laser são classificados com base na potência de emissão da radiação, podendo ser categorizados como de alta potência e de baixa potência (MCGOWAN; GOFF; STUBBS, 2012).

Os lasers de alta potência são projetados para procedimentos cirúrgicos, uma vez que emitem radiação de alta intensidade e possuem potência superior a 500 mW. Isso viabiliza a realização de cirurgias, uma vez que esses lasers possuem um caráter destrutivo e operam por meio da ação fototérmica, permitindo a realização de corte, vaporização, coagulação e remoção dos tecidos. (ANDRADE; CLARK; FERREIRA, 2014; FREITAS et al., 2021).

Por outro lado, os lasers de baixa potência não provocam efeitos térmicos significativos, atuando por meio de efeitos fotofísicos, fotoquímicos e fotobiológicos. Essa categoria de laser não gera um aquecimento perceptível nos tecidos, mas atua no metabolismo celular, promovendo diversos benefícios, incluindo o controle da dor e no processo de reparo tecidual. Portanto, é indicada para tratamentos relacionados à cicatrização, queimaduras, redução de inflamação e edemas, analgesia e intervenções pós-operatórias (RIBEIRO et al., 2004; LEVINE, 2008).

O laser se diferencia da luz comum por três propriedades essenciais: coerência, colimação e monocromaticidade. A luz laser é composta por fótons, sendo monocromática, apresentando apenas um comprimento de onda e uma única cor. Além disso, é coerente, o que significa que as ondas emitidas possuem sincronicidade, com o mesmo comprimento de onda e a mesma orientação. Por fim, a luz é colimada, pois o feixe de luz sofre um deslocamento mínimo em seu percurso, mantendo todas as ondas na mesma direção, ou seja, são altamente paralelas (LEVINE, 2008).

Na laserterapia veterinária, vários tipos de laser estão disponíveis, mas a maneira como eles armazenam e liberam energia os diferencia, podendo ser por meio de cristal, sólido, líquido ou por gás. Os principais em uso são o hélio-neônio (HeNe), considerado o melhor para a bioestimulação, e os diodos arseneto de gálio (GaAs) e arseneto alumínio de gálio (GaAlAs) (BOORD, 2006; KURACH et al., 2014).

O efeito do laser nos tecidos é dependente das propriedades químicas, ópticas e mecânicas do tecido alvo, bem como às características do laser, como comprimento de onda, potência e tempo de exposição ao tecido (LEVINE, 2008).

A dosimetria ideal ainda é controversa devido à complexidade envolvida. Vários fatores devem ser considerados para determinar o tempo, a potência e o tipo de fonte a ser aplicado no paciente. Alguns exemplos incluem a idade do animal, o seu porte, o propósito terapêutico, a distância entre a pele e o aparelho, as condições do tecido a ser tratado, as condições sistêmicas do paciente, coloração da pelagem e a quantidade de pelos que o animal apresenta (SILVA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021).

Duas importantes medidas quantificam a dose energética, o comprimento de onda, quantificado em nanômetros (nm) e a potência medida em watts (W) ou miliwatts (mW).

Quando aplicadas aos tecidos, a densidade e o cálculo da dose da energia são expressos em J/cm^2 , mas ao adentrar os tecidos, essa energia assume três dimensões, J/cm^3 , e sua distribuição não é uniforme (MIKAIL, 2008).

Os lasers de baixa potência não geram aquecimento perceptível, assim, é essencial que sua dose seja sempre mantida abaixo de 35 J/cm^2 . As doses mais utilizadas geralmente situam-se na faixa de 4 J/cm^2 a 20 J/cm^2 . Em particular, para o tratamento de feridas, a dosimetria utilizada varia entre 2 J/cm^2 e 8 J/cm^2 , com alguns experimentos indicando que a dose de 4 J/cm^2 sendo a mais eficaz na promoção da formação de fibras colágenas (LOPEZ & BRUNDAGE, 2019; RODRIGUES et al., 2021). Entretanto, é importante ressaltar que no que diz respeito ao alívio da dor e da inflamação, resultados positivos foram observados somente com doses acima de 5 J/cm^2 (RODRIGUES et al., 2021).

3.5 MECANISMO DE AÇÃO

3.5.1 Interação do LASER com os tecidos

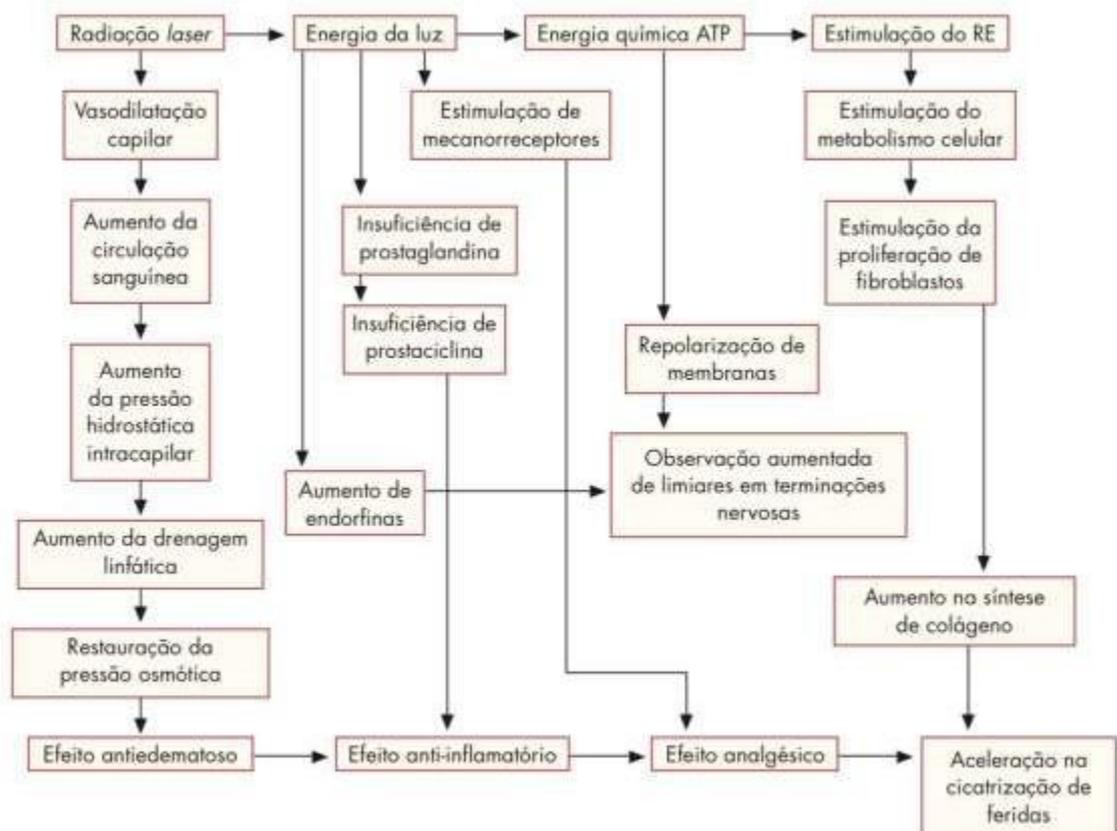
Os efeitos fotoquímicos provenientes da radiação do laser de baixa potência, dependem da absorção de energia pelos fotorreceptores, conhecidos como cromóforos, que podem ser enzimas, membranas ou substâncias extracelulares capazes de absorver luz no espectro visível. Exemplos desses cromóforos incluem moléculas como a água, a melanina, mioglobina, a heme da hemoglobina e o citocromo C oxidase (Cco), um complexo proteico da cadeia respiratória mitocondrial (MIKAIL & PEDRO, 2009; AZZI; SIMÕES, 2012).

Esses cromóforos são estimulados quando absorvem a energia emitida pela luz do laser na forma de fótons, assumindo um estado excitado que desencadeia em diversas ações, como a alteração do estado redox e o aumento na velocidade da transferência de elétrons. Além disso, ocorrem mudanças estruturais na atividade bioquímica devido à excitação transitória dos cromóforos, resultando no aumento da produção de superóxido e na renovação de oxigênio molecular. Esses processos também podem gerar reações secundárias que afetam os parâmetros da homeostasia celular e podem ocorrer por horas ou até dias após a irradiação, incluindo como uma resposta da fotossinalização e da amplificação no núcleo das células irradiadas (AZZI; SIMÕES, 2012).

O Cco é considerado um fotorreceptor primário, enquanto os receptores secundários, que absorvem energia por intermédio do campo eletromagnético, têm o colágeno como seu principal representante (AZZI; SIMÕES, 2012; HOLGADO et al, 2021).

Durante a aplicação da radiação laser no tecido biológico, diversos efeitos benéficos são desencadeados, incluindo o aumento do metabolismo celular, da circulação sanguínea e da atividade do sistema linfático. Isso resulta também em maior síntese de DNA e RNA, níveis elevados de endorfina, liberação aumentada de histamina e serotonina, aumento na quantidade de fibroblastos e nos níveis de produção de ATP. Além disso, o laser estimula a formação de novos capilares, a produção de colágeno pelos fibroblastos e osteoblastos, a fagocitose e a liberação de fatores de crescimento. Ele também reduz a velocidade de condução dos nervos sensoriais, diminui a excitabilidade dos receptores da dor e mantém o potencial de membrana (HOLGADO et al, 2021). Na figura 5 evidencia-se um fluxograma com todos os efeitos atribuídos a laserterapia nos tecidos segundo a literatura recente.

Figura 5. Fluxograma de todos os efeitos atribuídos com a laserterapia.



Fonte: RIBEIRO et al., 2004.

3.5.2 Efeitos do LASER na redução da dor, inflamação e edema

O efeito anti-inflamatório da laserterapia é, provavelmente, o segundo mais relatado após a cicatrização de feridas. Em alguns estudos experimentais, esse efeito atinge resultados comparáveis aos obtidos com medicamentos anti-inflamatórios não esteroidais (AINEs), como o meloxicam (REDONDO & STEPHENS, 2019).

O laser desempenha uma eficaz modulação dos níveis de mediadores inflamatórios no organismo, destacando-se a histamina e a serotonina como os principais nesse processo. Essas substâncias desempenham um papel em induzir o aumento da permeabilidade vascular. A histamina, liberada por mastócitos, basófilos e plaquetas, promove a vasodilatação das arteríolas e vasoconstrição de artérias maiores. Dessa forma, a irradiação pode potencializar a liberação de histamina pelos mastócitos, influenciando não apenas nos processos destrutivos da inflamação, mas também nos mecanismos de analgesia e defesa (MIKAIL & PEDRO, 2009; REDONDO & STEPHENS, 2019).

A serotonina, neurotransmissor presente no sistema nervoso, plaquetas e em células neuroendócrinas, desempenha um papel significativo na modulação da dor, exercendo influência positiva na regulação do aumento dos níveis de serotonina, promovendo assim um efeito analgésico (REDONDO & STEPHENS, 2019).

Além disso, o Laser demonstrou a capacidade de reduzir os níveis plasmáticos de fibrinogênio. O produto do sistema de quinina é a bradicinina, a qual atrai neutrófilos e outras células inflamatórias para o local, contribuindo para o aumento do edema e dor na região inflamada. O laser terapêutico, como parte de seu efeito anti-inflamatório, pode modular os receptores de quinina (LOPEZ & BRUNDAGE, 2019).

Embora os mecanismos precisos pelos quais o laser de baixa potência atua na redução da dor ainda não sejam totalmente compreendidos, a analgesia é frequentemente observada e documentada por clínicos e pesquisadores. Com isso, o efeito analgésico é atribuído por diversos mecanismos, cuja relevância varia de acordo com o tipo de dor. Portanto, diagnosticar e avaliar a intensidade e a progressão da dor antes de iniciar o tratamento é crucial para personalizar a abordagem terapêutica (REDONDO & STEPHENS, 2019).

Observou-se que o laser possui propriedades anti-inflamatórias, agindo na redução da dor associada a mediadores pro-inflamatórios, tanto a nível local (figura 6) quanto central (REDONDO & STEPHENS, 2019).

Figura 6. Imagem comparativa de duas cadelas que passaram por procedimento de Ovariohisterectomia no mesmo dia. A cadela da esquerda (A) não recebeu tratamento com laser no pós-operatório, enquanto a cadela da direita (B) foi submetida imediatamente à terapia a laser no pós-operatório. Observa-se uma notável diferença na redução do inchaço e inflamação na região da incisão.



Fonte: RIEGEL & GODBOLD, 2017

O laser pode atuar no organismo aumentando os níveis de beta-endorfinas, reconhecido como um analgésico natural que interage com os neurotransmissores. Esse fenômeno é apontado como um provável mecanismo de ação para explicar a analgesia induzida pelo laser. (MIKAIL & PEDRO, 2009).

Outra atuação relevante ocorre nos mecanismos neurais, onde a fotobiomodulação ao reduzir a condução da excitabilidade dos receptores da dor, previne a despolarização das fibras e terminações nervosas. Esse processo resulta na diminuição da velocidade da condução da dor, na redução de sua amplitude e no aumento da sua latência por várias horas (OLIVEIRA, 2019; REDONDO & STEPHENS, 2019).

Uma abordagem específica para o alívio da dor, consiste na aplicação direta sobre regiões identificadas como pontos-gatilho (trigger points), pontos de acupuntura e nervos. Esses pontos frequentemente apresentam sensibilidade aumentada em razão da ação isquêmica local.

A aplicação do laser auxilia a restabelecer a microcirculação, removendo as substâncias inflamatórias do local e aprimorando a oxigenação celular (MIKAIL & PEDRO, 2009).

3.5.3 Efeitos do LASER na cicatrização de feridas

O uso terapêutico do laser para melhorar a cicatrização de feridas é a aplicação mais estudada e amplamente utilizada na prática (REDONDO & STEPHENS, 2019). A energia laser, ao penetrar nos tecidos, interage principalmente com as mitocôndrias, promovendo uma aceleração significativa no metabolismo local. Esse processo permite que as células realizem suas funções normais de maneira eficaz. Estudos sugerem que a bioestimulação do laser de baixa intensidade é mais eficaz na fase proliferativa do reparo tecidual, favorecendo a regeneração dos tecidos, sem produzir proliferação celular exacerbada ou transformações neoplásicas. Além disso, contribui para a redução da inflamação e, conseqüentemente, alivia a dor (MIKAIL & PEDRO, 2009; LOPEZ & BRUNDAGE, 2019).

Durante a fase inflamatória de uma ferida, não é indicado o uso do laser se houver sangramento ativo presente, pois a irradiação pode aumentar a hemorragia. Após esse período inicial, a reação fotoquímica promove efeitos positivos na atividade dos mastócitos, melhorando o fluxo sanguíneo e a oxigenação tecidual na área lesionada, devido ao aumento da microcirculação local, vasodilatação e aumento da permeabilidade vascular. Isso facilita o trabalho dos neutrófilos, prevenindo infecções, e atua também na diminuição das citocinas pró-inflamatórias, aumentando a capacidade fagocítica (REDONDO & STEPHENS, 2019).

A proliferação do tecido é ativada quando os fibroblastos, células endoteliais e os queratinócitos predominarem, dando origem à formação do tecido de granulação, angiogênese, contração da ferida e reepitelização completa do tecido lesionado. O laser contribui para esse processo aumentando a multiplicação de fibroblastos, promovendo a migração e produção de colágeno. Esse processo depende também de oxigênio e favorece a formação de novos vasos sanguíneos de maneira mais organizada. Ele ainda atua na diferenciação dos fibroblastos em miofibroblastos, que auxiliam na contração da ferida em direção centrípeta (RIEGEL & GODBOLD, 2017).

Uma vez que um leito de granulação saudável é estabelecido, os queratinócitos proliferam pelas bordas das feridas para cobrir o defeito. Sua proliferação, maturação e migração por esse leito contribuem no reparo tecidual estimulando as células-troncos epidérmicas (MIKAIL & PEDRO, 2009; REDONDO & STEPHENS, 2019).

O efeito da irradiação também se manifesta estimulando um melhor alinhamento e organização das fibras de colágeno, especialmente quando aplicado durante a fase proliferativa da lesão. Isso contribui para uma cicatrização mais resistente e elástica (RIEGEL & GODBOLD, 2017).

Mikail & Pedro (2009) abordam que, nos casos de uso do laser em feridas infectadas, existem abordagens distintas. Alguns estudos relatam que pode estimular as bactérias presentes no local, enquanto outros afirmam que estimula apenas o sistema imunológico do animal, promovendo a resposta leucocitária. Embora resultados *in vitro* sugiram a estimulação da atividade bacteriana, a ativação do sistema imunológico e a resolução mais rápida do processo inflamatório incentivam o uso bem-sucedido do laser nesses casos. No entanto, os debris e exsudatos devem ser removidos durante a aplicação para evitar a atenuação da energia. Além disso, o local deve estar livre de qualquer pomada ou substância química que possa interferir na penetração da luz.

Nas feridas infectadas, o laser também pode ser combinado ao tratamento à base de luz ultravioleta antes da aplicação, devido ao seu comprimento de onda ser nocivo às bactérias ou, outra opção seria o uso de antibióticos tópicos após a aplicação do laser. (MIKAIL & PEDRO, 2009). Outras condições em que o laser demonstra acelerar o processo cicatricial incluem casos de pacientes diabéticos e casos de queimaduras de tecido (REDONDO & STEPHENS, 2019).

Para o tratamento de feridas com laser, é importante iniciar com a limpeza e debridamento necessário antes da aplicação do laser, garantindo que o local esteja pronto para receber essa energia (MCGOWAN; GOFF; STUBBS, 2012).

Apesar dos bons resultados que o laser proporciona para as feridas, elas devem ainda apresentar bons manejos de curativos e bandagens, além de que se deve manter as feridas sempre mais úmidas possível, com auxílio de pomadas e medicações, caso necessário, principalmente quando o debridamento e aproximação por sutura se mostram necessários. Portanto, o laser só pode ser iniciado quando o processo exsudativo estiver contido, como no caso apresentado ns Figura 7 (REDONDO & STEPHENS, 2019).

Figura 7. Ferida por mordida com presença de tecido necrótico. Ferida por mordida em um cão da raça Greyhound. Após 3 semanas da mordida, a ferida apresentou deiscência e tecido necrótico (A e B), com isso, foi estabelecido um tratamento com laser em 5 sessões, utilizando uma dose de 5 J/cm². Durante o tratamento a feridas estava sendo lavada e sendo coberta com bandagem e curativo de Alginato (C). Posteriormente, o tecido foi devidamente desbridado e granulado, estando preparado para ser suturado (D). Após 12 dias, as suturas foram removidas (E).



Fonte: Adaptação de REDONDO & STEPHENS, 2019

O caso descrito por REDONDO & STEPHENS, (2019) em seu livro refere-se a um cão de 15 anos que desenvolveu uma deiscência das suturas uma semana após a cirurgia para a retirada de um sarcoma na região. Após 11 semanas, a ferida ainda não havia cicatrizado, mantendo o padrão apresentado na figura 8.1. Apesar da ausência de progressão na cicatrização, o tamanho da ferida se manteve estável, exibindo um leito de granulação saudável, sem sinais de infecção. Diante desse quadro, foi diagnosticado como ferida

crônica. O tratamento adotado constituiu apenas de lavagem com solução fisiológica e bandagem não compressiva com gaze estéril, sem utilização de nenhum fármaco por via oral ou tópica. A laserterapia foi iniciada desde o primeiro dia (figura 8.2) com uma dose de 4 J/cm², 18 horas após essa primeira aplicação, o leito de granulação apresentou uma aparência exuberante. E no mesmo dia, uma segunda aplicação foi realizada com 2 J/cm². O intervalo entre as aplicações então, foi de 48 horas nas primeiras semanas e, a partir da segunda semana, foi aumentado para intervalos de 72 a 96 horas. O fechamento completo da ferida foi alcançado após 11 sessões em 32 dias (FIGURA 8.8)

Figura 8. Ferida crônica em região de carpo esquerdo.



Fonte: REDONDO & STEPHENS, 2019

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da laserterapia como tratamento adjuvante na cicatrização de feridas tem demonstrado resultados promissores na medicina veterinária. O laser é um equipamento terapêutico de fácil utilização, não invasivo e sem efeitos colaterais significativos, sendo uma abordagem interessante para animais estressados e para aqueles que possuem alguma restrição farmacológica ou condição que prejudique o processo de cicatrização. A aplicação adequada de doses, tempo e potência parece ser crucial para a aceleração eficaz do processo cicatricial de feridas. No entanto, a literatura disponível na medicina veterinária ainda é limitada para as diversas espécies, sendo necessárias mais pesquisas e publicações de relatos de casos para validar completamente seu potencial e protocolos ideais de uso.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.; CLARK, R.M.; FERREIRA, M.L. Efeitos da laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas cutâneas. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**. v. 41 n. 2, p. 129-133, 2014.
- AZZI, V.J.B.; SIMÕES, N.P. Aplicação da Laserterapia no Tratamento de queimaduras: uma revisão sistemática. **Revista Bras Terap e Saúde**, v. 31, n.1, p. 15-26, 2012.
- BOORD, MONA. Laser in Dermatology. **Clin Tech Small Animal Practice**. 2006.
- CAMPOS, A.C.L.; BORGES-BRANCO, A.; GROTH, A.K. Cicatrização de feridas. **ABCD Arquivo Brasileiro de Cirurgia Digestiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 51-8, 2007.
- DERNER, W. S. **Initial Wound Management. Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 36, n. 4, p. 713-738, 2006.
- DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4. ed. São Paulo: Elsevier, 2010.
- FERNANDES, J.T.M. O uso do laser terapêutico classe IV no tratamento da osteoartrite do cotovelo em *Canis Familiaris*. **Dissertação de Mestrado integrado em Medicina Veterinária. Universidade de Lisboa**, 2022.
- FOSSUM, T.W. **Cirurgia de Pequenos Animais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- FREITAS, J.F.A.; REBESCHINI, M.M.; BORTOLOTTI, G. Laserterapia como alternativa no tratamento de animais selvagens resgatados de desastres animais. **Jornal MedVet Science FCAA**, v. 3, n. 1, p. 72-77, 2021.
- HOERNING, THAMIRES CRISTINA. Tratamento de Ferida em Cães: Relato de Caso. **Universidade Federal de Santa Catarina**, Curitiba, 2022.
- HOLGADO, S.R; DÍEZ, G.O.; ESPADA, M.C.M; PEREZ, C.F.; ARTIGAO, M.R.B.; REDONDO, M.S. Effect of Low-level Laser Therapy on Bacterial Counts of Contaminated Traumatic Wounds in Dogs. **Journal of Laser in Medical Sciences**. Madrid, Spain. 2021.
- ISAAC, C; LADEIRA, P.R.S; REGO, F.M.P; ALDUNATE, J.C.B; FERREIRA, M.C. Processo de cura das feridas: cicatrização fisiológica. **Rev. Med. São Paulo**, julho a dezembro de 2010.
- JUNQUEIRA, L.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica – texto e atlas**. 13. ed. Rio de Janeiro - RJ: Guanabara Koogan, 2017.
- KLOS, T.; COLDEBELLA, F.; COVATTI, J.F. Fisioterapia e reabilitação animal na medicina veterinária. **Pubvet**, v. 14, n. 10, 2020.
- KONIG, H.E.; LIEBICH, H.G. **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2016.

KURACH, L.M.; STANLEY, B.J.; GAZZOLA, K.M.; FRITZ, M.C.; STEFICEK, B.A.; HAUPTMANN, J.G.; SEYMOUR, K.J. The Effect of Low-Level Laser Therapy on the Healing of Open Wound in Dogs. **College of Veterinary Medicine Michigan State University**. 2014.

LEAL, E.C., & CARVALHO, E. Cicatrização de feridas: o fisiológico e o patológico. **Revista Portuguesa de Diabetes**. 9.3. 2014.

LEVINE, D. **Reabilitação e Fisioterapia na Prática de pequenos animais**. São Paulo: Roca Ltda, 2008.

LOPEZ, A. & BRUNDAGE, C. Wound Photobiomodulation Treatment Outcomes in Animal Models. **Journal of Veterinary Medicine** vol. 19. 2019.

MANTOVANI, V.T.; DE CARVALHO, G.F.; MADUREIRE, E.M.P. Tratamento de ferida por terceira intenção: relato de caso. **19º Encontro científico cultural interinstitucional**, 2021.

McGAVIN, M.D., ZACHARY, J.F. **Bases da patologia veterinária**. 6 ed. Rio de Janeiro- RJ: Guanabara Koogan, 2018.

MCGOWAN, C.; GOFF, L.; STUBBS, N. **Fisioterapia Animal: Avaliação, Tratamento e Reabilitação de animais**. 12. ed. Editora Roca, 2012.

MIKAIL, S.; PEDRO, C.R. **Fisioterapia veterinária**. 2. ed. São Paulo: Editora Manole, 2009.

MIKAIL, SOLANGE CORRÊA. Avaliação da terapia por laser de arsenito de gálio em tendinites de cavalos Puro Sangue Inglês de corrida. Dissertação (mestrado) – **Universidade de São Paulo**. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, ANDRE LACERDA DE ABREU. Técnicas cirúrgicas em pequenos animais. **Colégio Brasileiro de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária**. 2 ed. Editora: Elsevier, 2018.

OLIVEIRA, LEINY PAULA. Efeito do laser de baixa potência em doses crescentes no processo de cicatrização cutânea em ratos. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás**, Goiânia, 2019.

RAMEH-DE-ALBUQUERQUE, L.C.; GREGO, K.F.; ALVES, L.C.F. O uso de laserterapia de baixa intensidade como adjuvante na cicatrização de feridas por segunda intenção em *Bothrops moojeni*. **Wildlife Clinic Congress**, 2. ed. 2021.

RAMOS, THAIS NAYARA DE LIMA. Manejo e Tratamento de feridas: Revisão de Literatura. **Universidade Federal da Paraíba**, Areia – PB, 2021.

REDONDO, M.S.R; STEPHENS, BRYAN. F. **Veterinary Laser Therapy in Small Animal Practice**. 1. Ed. 5m Publishing. UK. 2019.

RIBEIRO, M.S.; SILVA, D.F.T.; NÚÑEZ, S.C.; ZECELL, D.M. Laser em baixa intensidade. Capítulo 66 de: **A odontologia e o laser**. São Paulo: Quintessense, 2004.

RIEGEL, R.J; GODBOLD, J.C. **Laser Therapy in Veterinary Medicine Photobiomodulation**. 1. Ed. Wiley Blackwell. USA. 2017.

RODRIGUES, D.F; IORI, I.M; RODRIGUES, K.S; SANTOS; K.G & SILVA, I.S.R. A utilização do laser de baixa intensidade na cicatrização de feridas em cão. Faculdade de Medicina Veterinária, **Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio (CEUNSP)**, Salto, SP, Brasil. 2021.

SILVA, A.P.F.; CROVADOR, S.P.; ISAKA, L.J.E.; FILHO, M.M.M. Percepção dos médicos veterinários do brasil sobre a laserterapia como método analgésico em cães e gatos. **CEUNSP**, 2020.

SILVA, V.G.; GUEDES, E.O.; HUPPES, R.R. Tratamento de feridas em cães domésticos: comparação entre laser e película de hidrocoloide. **UNICESUMAR**, Maringá – PR, 2017.

WINKLER, CHRISTOPHER. **Laser Surgery in Veterinary Medicine**. 1. Ed. USA. 2019.