

## FOTOBIMODULAÇÃO LASER NA ÁREA DE SAÚDE – PASSADO, PRESENTE E FUTURO

Desde os estudos pioneiros do cirurgião húngaro Endre Mester, publicados no final da década de 60, as propriedades da Fotobiomodulação (PBM) têm sido amplamente documentadas na literatura. Nos seus primeiros estudos, ele utilizou um modelo experimental clássico de cicatrização cutânea, que até hoje é reproduzido para avaliar os efeitos fotobiomoduladores do laser/LED (*Light Emitting Diode*).

Nos últimos anos, diversos termos têm sido empregados para descrever as abordagens terapêuticas da PBM, tais como Terapia Laser de baixa intensidade (*Low – level Laser Therapy/LILT*), laser de baixa intensidade, e laser de baixa potência. Para compreender as indicações da PBM em diferentes contextos biológicos, é fundamental conhecer os mecanismos pelos quais a energia óptica é convertida em energia química, em decorrência da absorção seletiva da luz por parte dos cromóforos presentes nas células. Segundo a biofísica Tiina Karu, os principais aceptores da luz laser seriam representados pelo complexo enzimático que integra a cadeia respiratória mitocondrial, especialmente a enzima citocromo C oxidase. De forma geral, quando comprimentos de onda entre 635 e 670 nm e de 810 a 1064 nm interagem com cromóforos primários nos tecidos, ocorre a geração de ATP e espécies reativas de oxigênio (EROs).

De acordo com a Lei de Planck, o comprimento de onda da luz laser é diretamente proporcional à profundidade de penetração e inversamente proporcional à quantidade de energia que entrega aos tecidos. Sendo assim, no espectro de ondas eletromagnéticas visíveis, o laser vermelho tem sido o mais utilizado, pois penetra mais profundamente no tecido e tem menor teor de energia em comparação com o laser azul, por exemplo. Para os clínicos, é essencial compreender que a indicação correta da PBM deve considerar os principais efeitos dos fótons no tecido alvo: reflexão, transmissão, absorção e espalhamento. Ademais, parâmetros como irradiância (densidade de potência), fluência (densidade de energia), comprimento de onda, tempo de exposição, e a área da ponta ativa do dispositivo, devem ser amplamente conhecidos para garantir o efeito terapêutico desejado.

Os estudos sobre a interação da PBM com as células podem ser agrupados em três eixos temáticos principais: cicatrização, efeitos analgésicos e anti-inflamatórios, e neuromodulação.

No que se refere à cicatrização de ferimentos, o uso da PBM tem se popularizado devido à sua capacidade de atenuar a fase inflamatória e acelerar o processo cicatricial. Nos tecidos irradiados, observa-se aumento da transcritose, neoangiogênese e incremento da biossíntese dos constituintes estruturais da matriz extracelular, particularmente de glicoproteínas adesivas e fibras colágenas e elásticas. Na área da Saúde, uma das principais indicações clínicas da PBM é para o manejo de ferimentos crônicos com déficit cicatricial, como úlceras venosas, mucosites, úlceras por pressão e úlceras relacionadas ao diabetes. Além disso, a PBM também tem sido empregada para finalidades estéticas que incluem o tratamento de alopecia, flacidez cutânea e gordura localizada.

Os efeitos analgésicos e anti-inflamatórios gerados pela interação da PBM com o tecido alvo incluem a redução do exsudato no interstício, maior liberação de endorfinas, redução dos níveis de citocinas pró-inflamatórias e estímulo a uma transição mais rápida da fase aguda para a crônica. A PBM atenua os sinais flogísticos, tais como aumento da temperatura local, eritema, edema e perda de função, comuns a diversas condições inflamatórias. Em doenças articulares como a osteoartrite e artrites de caráter autoimune e/ou de outras etiologias, a PBM pode contribuir para a recuperação funcional das articulações, e reduzir a intensidade da dor e da inflamação. Outra indicação clínica relevante é o seu uso para atenuar a sintomatologia dolorosa resultante de queimaduras e complicações cicatriciais pós-operatórias. Vale ressaltar que, embora os efeitos analgésicos e anti-inflamatórios da PBM possam parecer paradoxais, uma vez que há um estímulo à geração de EROs, diversos autores já documentaram que o aumento dessas espécies reativas de oxigênio é transitório e controlado, pois a PBM também ativa os sistemas enzimáticos anti-oxidantes, que compreendem as enzimas catalase, peróxido dismutase e glutathiona peroxidase.

Além dessas aplicações, houve um crescimento significativo da utilização da PBM no campo da neuromodulação nos últimos anos. A terapia tem sido indicada na área de motricidade orofacial e audiologia. Há relatos de sucesso em casos clínicos relacionados às neuralgias e parestesias pós-operatórias, embora as evidências indiquem que a restauração da homeostase neural dependa diretamente do tempo precoce de instituição do tratamento com PBM. Estudos recentes indicam que dispositivos de fotobiomodulação transcraniana tem potencial no tratamento de

doenças neurológicas, como acidente vascular encefálico isquêmico, Doença de Alzheimer, Parkinsonismo, Esclerose múltipla e casos de encefalopatia traumática, com resultados promissores.

Por fim, destaca-se a relevância da PBM na pesquisa científica. Anualmente, milhares de estudos experimentais *in vivo* e *in vitro*, assim como ensaios clínicos uni e multicêntricos são realizados em todo mundo. Novos dispositivos tem sido testados e a lista de protocolos clínicos validados continua a crescer. Contudo, é importante trazer à atenção que o protocolo de utilização da PBM não segue um critério único para todos os pacientes. Muitas vezes, é necessário adequar o potencial terapêutico da PBM ao quadro clínico de cada indivíduo em particular, afinal, por se tratar de uma terapia biomoduladora, pode haver variação da resposta imunológica local e sistêmica.

Talvez o leitor esteja se perguntando se a PBM envolve o uso de dispositivos “milagrosos”, capazes de tratar toda e qualquer disfunção orgânica. A resposta é não. Como as demais opções terapêuticas existentes, seu uso se pauta em critérios estabelecidos com o devido rigor científico. Já existem consensos sobre a dosimetria a ser empregada em diversas aplicações. E, nesse contexto, cabe uma palavra de cautela. Para que os resultados esperados sejam alcançados, é essencial que o profissional de Saúde esteja habilitado e capacitado para utilizar a PBM. Também é importante acompanhar, continuamente, os avanços científicos e tecnológicos da área, como aqueles divulgados em Congressos, Seminários e Simpósios, por exemplo.

Ao o leitor que pretende imergir nessa área do conhecimento, é recomendável não se deixar levar pelo apelo mercadológico de grandes empresas que produzem uma enorme variedade de dispositivos. A prioridade deve ser adquirir o máximo possível de conhecimento sobre a PBM para embasar a sua prática clínica e, assim, possibilitar ao seu paciente experimentar todos os benefícios que esse recurso terapêutico pode oferecer.

*Profa. Dra. Alena Ribeiro Alves Peixoto Medrado*  
Professora Associada de Patologia – Departamento de Biointeração  
Programa de Pós-graduação Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas  
Instituto de Ciências da Saúde  
Universidade Federal da Bahia

---

Gonzalez AC, Santos ET, Freire TFC, Sá MF, Andrade ZA, Medrado ARAP. Participation of the Immune System and Hedgehog Signaling in Neoangiogenesis Under Laser Photobiomodulation. *J Lasers Med Sci*. 2019 Fall;10(4):310-316. doi: 10.15171/jlms.2019.50

Hamblin, MR. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS Biophys*. 2017;4(3):337-361. doi: 10.3934/biophys.2017.3.337

Heiskanen V, Hamblin MR. Photobiomodulation: lasers vs. light emitting diode *Photochem Photobiol Sci*. 2018 Aug 8;17(8):1003-1017. doi: 10.1039/c8pp90049c.

Karu, T. Is it time to consider photobiomodulation as a drug equivalent? *Photomed Laser Surg*. 2013 May;31(5):189-91. doi: 10.1089/pho.2013.3510

Rosso MPO, Buchaim DV, Kawano N, Furlanette G, Pomini KT, Buchaim RL. Photobiomodulation Therapy (PBMT) in Peripheral Nerve Regeneration: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2018 Jun 9;5(2):44. doi: 10.3390/bioengineering5020044.

Silva LAD, Pinheiro SL. Clinical Evaluation of Intravascular Blood Irradiation with Laser, Photobiomodulation, and Photodynamic Therapy in Cancer Patients with Mucositis. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2021 Nov;39(11):687-695. doi: 10.1089/photob.2021.0031