

Artigo original**Laser érbium fracionado e fotobiomodulação por diodos emissores de luz em sequelas de queimaduras nas mãos: estudo piloto - caso boate Kiss*****Erbium fractional laser and photobiomodulation by Light Emitting Diode in burn sequelae of hands: pilot study-case Kiss Nightclub***

Fabiana dos Santos Ferreira, Ft.*, Verediane Londero Fronza, Ft.*, Ana Lucia Cervi Prado, D.Sc.**

.....
*Consultório de Fisioterapia Dermatofuncional, Santa Maria/RS,

**Professora do Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de Santa Maria/RS

Resumo

Introdução: Em sequelas de queimaduras, a fisioterapia dermatofuncional pode utilizar dos meios físicos através de equipamentos de alta tecnologia, que promovam em uma primeira etapa a eliminação de parte do tecido cicatricial neoformado e, após, o estímulo à recuperação tecidual funcional controlada. *Objetivos:* Avaliar a eficácia do laser érbium fracionado associado à fotobiomodulação por Diodos Emissores de Luz (LED) no tratamento de sequelas de queimaduras nas mãos. *Material e métodos:* Participou do estudo um sujeito do sexo feminino, sobrevivente da tragédia da Boate Kiss que apresentou sequelas de queimadura nas mãos. O protocolo consistiu em uma única sessão de laser érbium fracionado e oito sessões de LED. A avaliação dos efeitos foi feita com imagens e através de uma escala com 6 parâmetros por três fisioterapeutas. Os dados obtidos não receberam tratamento estatístico. *Resultados:* As imagens demonstraram melhora geral na aparência das áreas. Na avaliação dos três fisioterapeutas, observou-se que na mão direita todos os parâmetros avaliados foram alterados positivamente, e na mão esquerda os parâmetros volume e distensibilidade já eram considerados normais antes do tratamento. O parâmetro hidratação foi o que apresentou o melhor resultado nas duas mãos. *Conclusão:* O tratamento com laser érbium fracionado e fotobiomodulação por LED demonstrou ser uma alternativa segura e eficaz para sequelas de queimaduras.

Palavras-chave: fototerapia, laser, queimadura, cicatriz.

Abstract

Introduction: Functional Physical Therapy in dermatology, using therapeutic intervention with high technology equipment, can promote treatment of sequelae burn injury, eliminating the newly formed scar tissue and then the stimulus controlled of functional tissue recovery. *Objectives:* To evaluate the efficacy of erbium fractional laser associated with Light-Emitting Diode (LED) photobiomodulation in the treatment of burn hands. *Methods:* Participated in the study, a woman, a survivor of the Kiss nightclub tragedy, with burn sequelae in the hands. The protocol consisted of a single laser session of erbium fractional laser and eight LED sessions. Evaluation of the effects was carried out by three physical therapists using three images and a scale with 6 parameters. The obtained data did not receive statistical treatment. *Results:* The images showed improvement in the appearance of areas. The three physical therapists evaluation showed that in the right hands all parameters have changed positively, and in relation to the left hand the volume parameters and distensibility were already considered normal before treatment. The hydration parameter showed the best results in both hands. *Conclusion:* Treatment with fractional laser resurfacing and LED photobiomodulation proved to be a safe and effective alternative to burn sequelae.

Key-words: phototherapy, laser, burn units, scars.

Recebido em 30 de janeiro de 2015; aceito em 3 de fevereiro de 2015.

Endereço para correspondência: Fabiana dos Santos Ferreira, Av. Rodolfo Behr, 1281/101, 97105-440 Santa Maria RS, E-mail: fabisantosferreira@gmail.com

Introdução

O desenvolvimento de cicatrizes inestéticas pós-queimadura, requer tratamento específico para reabilitar a pele funcionalmente. Visto que a pele é formada por células lábeis, faz sentido procurar recuperá-las na sua totalidade com a mínima aceitação a um tecido cicatricial. Deste modo, a fisioterapia dermatofuncional pode utilizar dos meios físicos, através de equipamentos de alta tecnologia que promovam em uma primeira etapa a eliminação do tecido cicatricial neoformado, e logo o estímulo à recuperação tecidual funcional controlada. Essas duas etapas podem ser abordadas a partir da fototerapia que se baseia em uma reação fotobiológica que envolve a absorção de um comprimento de onda específico por moléculas especializadas fotoreceptoras. Diante da luz absorvida, essas moléculas assumem um estado excitado eletronicamente e interferem nos processos moleculares primários que desencadeiam efeitos biológicos [1].

A fototerapia através do laser de baixa potência é amplamente utilizada para o tratamento de feridas, acelerando a recuperação dos tecidos [2-4]. A inovação está nos lasers de média potência. Para a remoção do tecido cicatricial, a indicação é o laser fracionado de érbium ou Co_2 , pois produzem a vaporização do tecido a uma profundidade controlada. A energia do laser é absorvida pela água e proteínas das células. Os pulsos curtos vaporizam o tecido, promovendo desepitelização semelhante à dermoabrasão sem contato com a pele [5,6]. O laser de érbium 2940 nm vem sendo utilizado para este fim desde 2001 pelo Berlin Burn Center [7].

Já para a segunda fase do tratamento que tem por objetivo controlar o processo de reparo tecidual, uma nova tecnologia pode ser empregada, a Light Emitting Diode (LED). No final do século XIX a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) começou a pesquisar essa nova forma de emitir luz, que logo se tornaria mais uma importante ferramenta de fototerapia [8]. Diante das evidências positivas demonstradas pela NASA na aplicação do LED, a *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou testes clínicos da aplicação destes na cicatrização de feridas em humanos [9]. Desde então, diversos estudos vêm sendo realizados demonstrando os efeitos do LED nos tecidos vivos. Sua eficácia clínica tem diversas finalidades variando de acordo com seu comprimento de onda de 405nm (luz visível azul) a 940nm (infravermelho) [8,10].

Fisiologicamente o LED azul estimulará a produção de citocinas pró-inflamatórias que incluem interleucinas 1 (IL-1), fator de necrose tumoral (TNF) e fator de estimulação de colônias de macrófagos e granulócitos (GM-CSF) [11]. Em processos inflamatórios, se a aplicação for imediata, além de acelerar a fisiologia da inflamação, tem efeito bactericida, reduz as lesões e conseqüentemente a dor [12]. O LED vermelho estimula os processos básicos de energia na mitocôndria de cada célula, sensibilizando os

cromóforos e sistema de citocromo. Os melhores resultados encontrados foram na rapidez do processo de cicatrização de feridas em especial para os comprimentos de onda 680 nm, 730 nm e 880 nm [8]. Ainda, o LED (620-680 nm) luz visível vermelha inibe a atividade da enzima ciclooxigenase e as prostaglandinas o que se pode configurar ação anti-inflamatória [13]. A luz não visível, no comprimento de onda infravermelho LED (820-840nm) promove reações foto físicas na membrana celular, promovendo ativação das bombas $\text{Na}^{++}/\text{Ca}^{++}$ e $\text{Na}^{+}/\text{K}^{+}$ e aumento da permeabilidade da membrana. Desta forma, favorecendo o aporte de nutrientes e oxigênio para área tratada, reduzindo o tempo de recuperação da ferida [14].

Sendo assim, um tratamento planejado que associe as técnicas acima descritas, tem potencial para servir de alternativa terapêutica a pacientes com sequelas de queimaduras.

Este estudo tem por objetivo avaliar a eficácia do laser érbium fracionado associado à fotobiomodulação por LED no tratamento de sequelas de queimaduras nas mãos de uma das sobreviventes da tragédia da boate Kiss e, assim, servir de embasamento para a aplicação do mesmo nos demais sobreviventes, minimizando as marcas e conseqüências da tragédia na vida dessas pessoas e também de outras que apresentem sequelas de queimaduras.

Material e métodos

Este é um estudo transversal, descritivo com análise qualitativa dos dados. Faz parte de um projeto maior, no qual os sujeitos de pesquisa são os sobreviventes da tragédia da boate Kiss que ocorreu na cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul em janeiro de 2013. Está registrado no comitê de ética da instituição sob o protocolo de número 23676813.8.0000.5346. Todos os procedimentos foram realizados no consultório particular da principal pesquisadora, a qual também foi responsável pelos custos desta pesquisa.

Participou deste estudo um sujeito do sexo feminino com 24 anos de idade. O mesmo deveria fazer parte do grupo em questão, apresentar o tegumento restaurado pós-queimadura de segundo ou terceiro grau com ou sem enxertos, que apresentassem discromia e irregularidades de superfície. No período desta pesquisa, a área tratada não poderia receber qualquer outra terapêutica. Embora o sujeito da pesquisa apresentasse sequelas de queimaduras em diversas partes do corpo, incluindo braços, pescoço e nariz, para este estudo, foram escolhidas as mão como regiões a serem tratadas, por serem as áreas que apresentavam alterações morfológicas mais evidentes.

O protocolo deste estudo consiste em uma única sessão de laser érbium fracionado 2940 nm e oito sessões de fotobiomodulação por LED infravermelho e vermelho realizadas duas vezes por semana com intervalo mínimo de quarenta e oito horas entre elas. Inicialmente foi realizada a sessão com

laser para remover parte do tecido cicatricial através da vaporização deste. Imediatamente após o primeiro procedimento, iniciou-se a primeira sessão de fotobiomodulação, que tem por objetivo estimular os processos biológicos para a recuperação da derme, epiderme e sistema circulatório.

Foi feita a preparação da área que receberia o tratamento com o laser. A região a ser tratada recebeu anestésico tópico EMLA[®] Creme que contém lidocaína/ prilocaína 25/25 mg/g, em camada espessa cobrindo a área por 20 minutos antes da sessão com laser. Após este período, a área tratada foi devidamente higienizada com sabonete antisséptico e álcool 70%. A pele do local que receberia a emissão do laser foi devidamente seca, por este apresentar afinidade pela água, e então demarcada com lápis dermatográfico na cor branca. A paciente foi posicionada deitada em decúbito dorsal, com os olhos vedados com óculos próprios para este procedimento. Foi realizada uma única sessão de laser érbium fracionado 2940 nm Modelo Harmony XL (Harmony system, Alma Lasers Ltd, Caesarea, Israel) nos seguintes parâmetros: Ponteira: 9 x 9 pixel; Frequência: 2 Hz; Densidade de energia: 1000 mJ/ Pixel; Duração do pulso: longo; Modo: Varredura com sobreposição de 30%. Após o procedimento, foi aplicado no local solução de água thermal 100% para aliviar o sintoma esperado de calor. E a região foi exposta ao vento frio do ar condicionado da sala por cinco (5) minutos antes de iniciar a fotobiomodulação.

Para submeter-se a fotobiomodulação por LED, a paciente foi posicionada sentada confortavelmente em uma cadeira, as mãos sobre a maca com antebraços em posição pronada (dorso da mão para cima e o polegar apontado medialmente). A mesma fez uso de óculos de proteção ocular fornecidos pela fabricante do equipamento para os comprimentos de onda específicos. O aparelho foi posicionado de modo que o painel aplicador estivesse paralelo a região a ser tratada, mantendo a distância de cinco centímetros (5 cm) desta. O aparelho utilizado para a fotobiomodulação por LED foi o modelo Higyaluz (KLD Biosistemas equipamentos eletrônico LTDA – Amparo SP Brasil), Painel Emissor Tricolor (RBI) - TDT.0602 nos seguintes parâmetros: Dimensão: 40 cm de largura, 23 cm de profundidade e 15 cm de altura; Era (área de radiação efetiva): 160 cm²; Tipo de feixe: divergente; Quantidade de pontos emissores: 402 pontos por cor; Cor vermelha (R): 632 nm. Densidade ótica 14 mW/cm; Cor infravermelho: 850 nm. Densidade ótica 33 mW/cm. Este painel aplicador permite utilizar-se dos diferentes comprimentos de onda de forma isolada. Portanto, foi utilizado primeiramente por 15 minutos sobre a região a ser tratada o comprimento de onda 850 nm (cor infravermelho) que não é percebido pelo olho humano, porém o painel vem equipado com lâmpadas brancas que sinalizam o funcionamento neste modo. Imediatamente após, o equipamento foi configurado para emitir o comprimento de onda 632 nm (cor vermelha) por igual período.

A avaliação dos efeitos da terapia com uma sessão de laser érbium fracionado e oito sessões de fotobiomodulação por

LED foi realizada através de imagens fotográficas obtidas a partir de uma câmera digital de modelo Kodak M753 com definição de 7.0 mega pixel e zoom óptico 3x. As fotografias foram capturadas imediatamente antes do início do tratamento e uma semana após o término do mesmo, para que não houvesse interferência dos efeitos imediatos da última sessão de fotobiomodulação por LED na aparência da região.

Além das imagens, a região que recebeu o tratamento foi avaliada por três fisioterapeutas imediatamente antes do início do tratamento e após uma semana da última sessão de fotobiomodulação por LED. Para este fim, foi utilizada uma escala com 6 parâmetros: cor, textura, hidratação, irregularidades de superfície, volume e distensibilidade. Cada parâmetro recebeu uma de três notas, simplificada: 0 = “insatisfatório”, 1 = “regular”, 2 = “bom”. Foi fornecido ao avaliador fisioterapeuta um quadro explicativo, orientando sobre a pontuação de cada parâmetro. Em alguns parâmetros, casos extremos poderiam receber nota -1, o que corresponderia a “muito ruim”. Para cada parâmetro foram considerados 3 números referentes aos valores atribuídos por cada um dos 3 avaliadores antes e depois do tratamento, a soma destes números representam os valores dispostos na tabela. Posteriormente foi avaliada a qualidade geral da pele, para tanto, somou-se os valores obtidos em todos os parâmetros, antes e após o tratamento [15]. Por se tratar de apenas um caso, os dados obtidos não receberam tratamento estatístico.

Resultados

Conforme o esperado, logo após o procedimento com o laser érbium fracionado 2940 nm, a área tratada apresentou eritema moderado e edema leve, a sensação relatada foi de queimação semelhante à queimadura solar, que desapareceu em menos de duas horas. Após as sessões de fotobiomodulação por LED, a região tratada apresentava-se com leve eritema e a sensação relatada era de prurido que perdurava por aproximadamente uma hora. Como é possível perceber nas imagens abaixo, as fotografias realizadas imediatamente antes da sessão com laser érbium fracionado (Figura 1) e uma semana após a última sessão de fotobiomodulação por LED demonstram melhora geral na aparência das áreas que receberam o tratamento (Figura 2).

Quanto à avaliação realizada pelos três fisioterapeutas, sobre as características da pele nas regiões que receberam o tratamento, a mão direita foi consideravelmente mais acometida pela queimadura do que a esquerda, contudo esta também foi a mais beneficiada com o tratamento recebido, apresentando grandes diferenças nos valores de pré e pós-tratamento. Na mão direita todos os parâmetros avaliados foram alterados positivamente com o tratamento, já na mão esquerda, os parâmetros volume e distensibilidade já eram considerados normais antes do tratamento. O parâmetro hidratação foi o que apresentou o melhor resultado com o tratamento utilizado nas duas mãos (Tabela I).

Tabela I - Avaliação pré e pós-tratamento.

	Direita pré	Direita pós	Esquer- da pré	Esquer- da pós
Cor (em relação à pele normal)	0	1	0	3
Textura (movimento paralelo à pele)	-1	0	3	5
Hidratação -1	4	3	6	
Irregularidades de superfície	2	4	4	6
Volume (alteração do contorno corporal)	-1	2	6	6
Distensibilidade (elasticidade, tração perpendicular à superfície cutânea)	0	2	6	6
Qualidade geral da pele	-1	13	22	32

Figura 1 - Fotografia da mão direita, realizada imediatamente antes da sessão com laser érbium.**Figura 2** - Fotografia da mão direita, realizada uma semana após a última sessão de fotobiomodulação por LED.

Discussão

O visual lustroso “plastificado” evidenciou o ressecamento da pele antes do tratamento. Segundo alguns autores, na queimadura de terceiro grau ou de espessura total que envolve a epiderme e a derme, pode-se observar macroscopicamente

a coloração branca, com textura semelhante ao couro, ou carbonizadas, secas e anestésicas, devido à destruição das terminações nervosas [16,17]. Contudo, é possível inferir que após o tratamento houve melhora da hidratação quando se observa o aspecto fosco, ou seja, redução do brilho apresentado pela pele, sugerindo diminuição do ressecamento observado anteriormente. Corroborando nosso achado, um estudo que utilizou fotobiomodulação por LED nos comprimentos de onda 830/ 633nm em feridas pós-queimadura concluiu que esta combinação é muito efetiva para o tratamento das mesmas [18]. Ainda, outro estudo demonstra que os mesmos comprimentos de onda na fotobiomodulação por LED aceleraram o processo de recuperação da pele após a ablação por laser érbium [19].

Além disso, a aparência escurecida de algumas regiões antes do tratamento causa grandes contrastes na imagem, sugerindo alterações circulatórias consideráveis. As alterações circulatórias são características de áreas que sofreram destruição parcial ou total do leito vascular, próprias de queimaduras de terceiro grau. Histologicamente, o tecido lesado apresenta trombose do endotélio capilar lesado, levando à morte celular induzida pela isquemia, revelando uma necrose coagulativa [20]. Já na segunda imagem, acredita-se que a uniformidade na coloração da região denote a recuperação do leito vascular.

Enquanto que neste estudo foi verificado que todos os parâmetros que não apresentaram nota máxima, na primeira avaliação, tiveram melhora após o tratamento, sendo esta maior na mão mais acometida e com resultado superior para a hidratação, outro estudo que também utilizou apenas uma sessão de laser fracionado, porém de CO₂ em sequelas de queimaduras na face, para os avaliadores médicos, houve melhora apenas das irregularidades de superfície e da distensibilidade em pouco menos da metade do grupo estudado [15]. Contudo, faz sentido ressaltar, que no estudo com laser fracionado de CO₂ não houve associação com a fotobiomodulação por LED. Sendo assim, acredita-se que a melhora nas irregularidades de superfície e da distensibilidade da pele seja justificada pelo já consolidado efeito do laser fracionado sobre as proteínas colágenas, observados em diversos estudos internacionais [20-23]. Em estudo recente com análise histoquímica, os autores observaram que o mecanismo para produção de colágeno com o laser fracionado, independe do calor, e está relacionado com a ativação de uma cascata de eventos moleculares altamente organizada com ativação de citocinas pró-inflamatórias que são conhecidas por estarem associadas com a remodelação da matriz dérmica [24]. Já os outros achados do nosso estudo, supõe-se que sejam devido aos mecanismos reparadores ativados pela fotobiomodulação por LED [13,14,18,19].

Conclusão

Foi observada maior uniformidade da região após o tratamento, demonstrando grande semelhança com a aparência

de pele hígida. A região mais acometida pela queimadura apresentou melhores resultados com o tratamento recebido. Os parâmetros que já apresentavam normalidade não foram alterados com o tratamento. Todos os demais apresentaram melhora. A hidratação foi o que apresentou o melhor resultado com o tratamento utilizado nas duas mãos. Sendo assim, o tratamento com laser érbium fracionado e fotobiomodulação por LED demonstra ser uma alternativa segura e eficaz para sequelas de queimaduras.

Novos estudos com maior número de sujeitos e com grupo controle são necessários para resultados mais representativos. A análise histológica e bioquímica das áreas tratadas também apresentaria dados mais específicos sobre os efeitos do laser érbium fracionado e da fotobiomodulação por LED na pele.

Referências

1. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B* 1999;49(1):1-17.
2. Yu HS, Wu C, Yu C, Kao Y, Chiou M. Helium-Neon laser irradiation stimulates migration and proliferation in melanocytes and induces repigmentation in segmental-type vitiligo. *Journal Invest Dermatol* 2003;120(1):56-64.
3. Albertine R, Aimbire FSC, Correa FI, Ribeiro W, Cogo JC, Antunes E, et al. Effects of different protocol doses of low power gallium-aluminum-arsenide (Ga-Al-As) laser radiation (650nm) on carrageenan induced rat paw oedema. *J Photochem Photobiol* 2004;74:101-7.
4. Carvalho PTC, Mazzer N, Reis FA, Belchior ACG, Silva IS. Analysis of the influence of low-power HeNe laser on the healing of skin wounds in diabetic and non-diabetic rats. *Acta Cir Bras* 2006;21(3):177-83.
5. Walsh JT, Flotte TJ, Deutsch F. Er: YAG laser ablation of tissue: effect of pulse duration and tissue type on thermal damage. *Lasers Surg Med* 1989;9:314-26.
6. Kaufmann R, Hibt R. Pulsed Erbium: YAG laser ablation in cutaneous surgery. *Lasers Surg Med* 1996;19:324-30.
7. Eberlein A, Schepler H, Spilker G, Altmeyer P, Hartmann B. Erbium: YAG laser treatment of post-burn scars: potentials and limitations. *Burns* 2005;31:15-24.
8. Whelan HT, Buchmann EV, Dhokalia A, Kane MP, Whelan NT, Wong-Riley et al. Effect of NASA Light-Emitting Diode Irradiation on molecular changes for wound healing in diabetic mice. *J Clin Laser Med Surg* 2003;21(2):67-74.
9. Whelan HT, Smits Junior RL, Buchman EV, Whelan NT, Turner SG, Margolis DA, et al. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. *J Clin Laser Med Surg* 2001;19(6):305-14.
10. Vinck EM, Cagnie BJ, Cornelissen MJ, Declercq HA, Cambier DC. Increased fibroblast proliferation induced by light emitting diode and low power laser irradiation. *Lasers Med Sci* 2003;18:95-99.
11. Goldberg DJ, Russell BA. Combination blue (415 nm) and Red (633 nm) LED phototherapy in the treatment of mild to severe acne vulgaris. *J Cosmet Laser Ther* 2006;8(2):71-5.
12. Vinck E. Applicability of light emitting diode irradiation in physiotherapy. *Photomed Laser Surg* 2005;23(2):167-71.
13. Lim W, Lee S, Kim S, Chung M, Kim M, Lim H, et al. The anti-inflammatory mechanism of 635 nm Light-Emitting-Diode irradiation compared with existing COX inhibitors. *Lasers Surg Med* 2007;39(7):614-21.
14. Calderhead RG. The photobiological basics behind light-emitting diode (LED) phototherapy. *Laser Ther* 2007;16(2):97-108.
15. Salles AG, Remigio AFN, Zacchi VBL, Ferreira MC. Tratamento de sequelas de queimadura de face com laser de CO2 fracionado em pacientes com fototipos III a VI. *Rev Bras Cir Plást* 2012;27(1):9-13.
16. Elder DE, Johnson B, Elenitsas R. *Lever's histopathology of the skin*. 10ª. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
17. Cotran RS, Kumar V, Collins T. *Robbins pathologic basis of disease*. 6ª ed. Philadelphia: Saunders; 1999.
18. Kim. *Burn Therapy*. Korean J Plast Surg 2006.
19. Trelles MA, Allones I, Mayo E. Combined visible light and infrared light-emitting diode (LED) therapy enhances wound healing after laser ablative resurfacing of photo damaged facial skin. *Med Laser App* 2006;21:165-75.
20. Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE. *Trauma*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2005.
21. Tay YK, Kwok C. Minimally ablative erbium: YAG Laser resurfacing of facial atrophic acne scars in Asian skin: a pilot study. *Dermatol Surg* 2008;34:681-5.
22. Kunzi-Rapp K, Dierickx CC, Cambier B, Drosner M. Minimally invasive skin rejuvenation with erbium: YAG laser used in thermal mode. *Lasers Surg Med* 2006;38:899-907.
23. Pozner J, Goldberg D. Superficial Erbium: YAG laser resurfacing of photo damaged skin. *J Cosmet Laser Ther* 2006;8(2):89-91.
24. Orringer JS, Rittie L, Hamilton T, Karimipour DJ, Voorhees JJ, Gary J. Intraepidermal erbium: YAG laser resurfacing impact on the dermal matrix. *J Am Acad Dermatol* 2011;64(1):119-28.