

# TERMOGRAFIA E CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS

## THERMOGRAPHY AND WOUND HEALING

M. E. A. Chaves<sup>1</sup>, A. T. F. Freire<sup>2</sup>, R. M. Andrade<sup>3</sup>, M. Pinotti (*in memoriam*)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Bioengenharia, Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>2</sup>Instituto de Ensino e Pesquisa, Santa Casa de Belo Horizonte

<sup>3</sup>Laboratório de Termometria, Universidade Federal de Minas Gerais



### RESUMO

*São raros na literatura os estudos que utilizam a termografia na avaliação da cicatrização de feridas cutâneas. O objetivo deste estudo é relacionar os achados termográficos das feridas cutâneas com o comportamento da área dessas durante 12 sessões de tratamento com fototerapia. Dez pacientes com úlceras por pressão foram divididos aleatoriamente em dois grupos. O grupo controle recebeu aplicação diária de pomada de hidrogel com alginato. O grupo experimental, além da aplicação diária de pomada de hidrogel com alginato, recebeu também aplicações de fototerapia com LED. Foram analisados os termogramas e as fotografias digitais das feridas cutâneas obtidas nas 12 sessões de tratamento em ambos os grupos. O grupo experimental apresentou a partir da 6ª sessão, temperatura estabilizada e taxa de cicatrização de 25% no final do tratamento. No grupo controle foi observado aumento da área das feridas e variações significativas de temperatura no decorrer das sessões.*

### ABSTRACT

*There are few studies in the literature about thermography in the evaluation of wound healing. The aim of this study is to relate the thermograms with the area of the wounds during 12 phototherapy sessions. Ten patients with pressure ulcers were randomly divided into two groups. The control group received daily application of alginate hydrogel dressing. The experimental group received LED phototherapy in addition to daily application of alginate hydrogel dressing. Thermograms and photographs of wounds were obtained in 12 treatment sessions in both groups and were analyzed. The experimental group showed from the 6<sup>th</sup> session, temperature stabilized and healing rate of 25% at end of treatment. In the control group it was observed increase of the wound area and significant temperature variations during the sessions.*

## 1. INTRODUÇÃO

A pele é o maior órgão do corpo humano. Esse órgão é responsável por funções de termorregulação, proteção contra traumas físicos, químicos, biológicos e térmicos, assim como a radiação ultravioleta, sendo também um órgão sensorial. Sua integridade é fundamental para o bom funcionamento do

organismo (Madison 2003, Brown et al. 2006).

A perda da integridade da pele, com consequentes lesões ou alterações de ordem celular visíveis sobre a superfície cutânea, é denominada de ferida (Abla e Ishizuka 1995, Cesaretti 1998). Uma ferida pode ser causada por qualquer tipo de trauma físico, químico ou biológico (Cesaretti 1998).

No Brasil, as feridas constituem um sério problema de saúde pública, devido ao grande número de pacientes com alterações na integridade da pele, embora sejam escassos os registros desses atendimentos. Entre os diversos tipos de feridas, as mais frequentemente encontradas nos serviços da rede básica de saúde são as úlceras por pressão, as arteriais, as venosas e as neurotróficas, geralmente de longa evolução e de resposta terapêutica variável. As úlceras neurotróficas são comuns em algumas patologias que acometem o sistema nervoso periférico, como a hanseníase, o alcoolismo e o diabetes Mellitus (Ministério da Saúde 2002).

As úlceras por pressão são causadas por pressão contínua e prolongada, excedendo a pressão capilar normal, aplicada à pele e tecidos adjacentes provocando isquemia que pode levar à necrose dos tecidos afetados. Geralmente ocorre do contato entre uma proeminência óssea e uma superfície dura, por exemplo, na região sacral, calcâneos, trocanter maior do fêmur, tuberosidades do ísquio e maléolos externos. Este tipo de úlcera costuma ocorrer em pacientes acamados, debilitados ou paraplégicos (Ministério da Saúde 2002).

A abordagem terapêutica das feridas cutâneas consiste em medidas preventivas como a educação dos profissionais da área da saúde, orientações aos familiares e nutrição adequada do paciente (Lewis et al 2003). Também são preconizados o uso de protetores cutâneos, bandagens para compressão, as aplicações de antissépticos e degermantes, curativos à base de ácidos graxos essenciais, alginato de cálcio, carvão ativado, hidropolímeros, hidrogel, hidrocolóides, enzimas proteolíticas e sulfadiazina de prata (Mandelbaum et al. 2003), além de recursos físicos como o ultrassom terapêutico e a eletroterapia (Cutting 2006, Poltawski e Watson 2007). Contudo, essas abordagens nem sempre apresentam resultados satisfatórios.

Uma alternativa para a cicatrização de feridas cutâneas é a fototerapia, também denominada como fotobiomodulação. A

fotobiomodulação consiste na aplicação de ondas eletromagnéticas na faixa espectral do vermelho ao infravermelho próximo (630 - 1000 nm) que estimulam as funções celulares promovendo efeitos terapêuticos (Desmet et al. 2006).

Dentre os recursos de fototerapia, o diodo emissor de luz (LED) tem-se mostrado uma alternativa promissora (Barolet 2008). A utilização de dispositivos fototerápicos com LED no tratamento de feridas cutâneas surgiu na década de 1990 e vem sendo ampliada ao longo dos últimos anos (Yeh et al. 2010). A sua eficácia é evidenciada em diversos estudos (Solear et al. 2000, Clark et al. 2003, Eells et al 2004).

Diferentes métodos são adotados na prática clínica para a avaliação do processo de cicatrização de feridas cutâneas. Um método comumente citado na literatura é a taxa de cicatrização, calculada a partir de fotografias digitais (Robson et al. 2000). Outro método, mas pouco utilizado, é a medição da temperatura na ferida (Nakagami et al. 2010, Nagase et al. 2011, Garcia e Siddiqui 2012, Yamamoto et al. 2013).

A termografia consiste na detecção da radiação emitida pelo corpo através de um sensor de infravermelho contido na termocâmera. A radiação infravermelha é convertida em sinais elétricos, que são processados e exibidos através de imagem termográfica. Essa imagem, denominada termograma, permite obter o valor da temperatura (Huang et al. 2011).

A aplicação da termografia na área da saúde ampliou nos últimos anos. Contudo, são raros os estudos que associam a termografia com a cicatrização de feridas cutâneas.

O objetivo deste estudo é relacionar os achados termográficos das feridas cutâneas com o comportamento da área dessas durante 12 sessões de tratamento com fototerapia.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado na Santa Casa de Belo Horizonte no 2º semestre de 2013 e

foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, sob CAAE n° 04110812600005149.

Pacientes com úlcera por pressão na região sacral, sem sinais clínicos de infecção e com idade entre 40 e 80 anos foram incluídos no estudo. Foram excluídos pacientes com diabetes, história prévia ou presença de patologias malignas, fotossensibilidade ou quaisquer reações adversas à exposição à luz solar, que desenvolveram infecção no decorrer do tratamento e gestantes.

Dez pacientes foram selecionados e aleatoriamente divididos em dois grupos: controle e experimental.

As feridas de ambos os grupos foram tratadas diariamente com solução fisiológica a 0,9%, seguida pela adição de uma cobertura à base de hidrogel com alginato. Somente as feridas do grupo experimental receberam fototerapia três vezes por semana, durante 12 sessões.

A fototerapia consistiu em um protótipo de LEDs, desenvolvido pela SEVA Engenharia Eletrônica em parceria com o Laboratório de Bioengenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foram utilizados 30 LEDs vermelhos (660 nm), emissão contínua e dose de 6 J/cm<sup>2</sup>.

### 2.1 Avaliação da cicatrização das feridas

A cicatrização das feridas foi avaliada por dois métodos: taxa de cicatrização e termografia.

Fotografias digitais foram obtidas em cada sessão de tratamento. As fotografias foram realizadas com uma câmara digital Nikon®, lente objetiva 18-55 mm. Posteriormente, as fotografias foram analisadas pelo *software* Image Analyzer Quantikov e automaticamente calculada a área das feridas. Os valores de área foram transferidos para o *software* Excel e a taxa de cicatrização foi calculada.

A taxa de cicatrização refere-se à diminuição da área da ferida em relação ao

dia zero (Robson et al. 2000), conforme expresso na Eq. (1):

$$\frac{\text{Área (dia 0)} - \text{Área (diat)}}{\text{Área (dia 0)}} \times 100\% \quad (1)$$

A termografia foi realizada por meio da termocâmara FLIR I60 cedida pelo Laboratório de Termometria da UFMG. Essa termocâmara apresentava sensibilidade térmica de 0,08°C a 30°C e faixa de medição de 0°C a 360°C.

Cada paciente foi colocado em decúbito lateral e a termocâmara foi posicionada de forma perpendicular à úlcera. A distância de 15 cm entre a lente da termocâmara e a superfície da úlcera foi adotada. Os termogramas foram capturados no início da sessão de tratamento, minutos após a limpeza com solução fisiológica a 0,9%, e realizados sempre por um mesmo indivíduo.

A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram previamente mensuradas por meio de um termohigrômetro digital. A temperatura média refletida foi considerada igual à temperatura ambiente. O valor da emissividade adotado para feridas foi 0,98 (Boylan et al. 1992).

As fotografias digitais e os termogramas foram obtidos três vezes por semana durante 12 sessões.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características dos pacientes dos grupos controle e experimental estão representadas na Tabela 1.

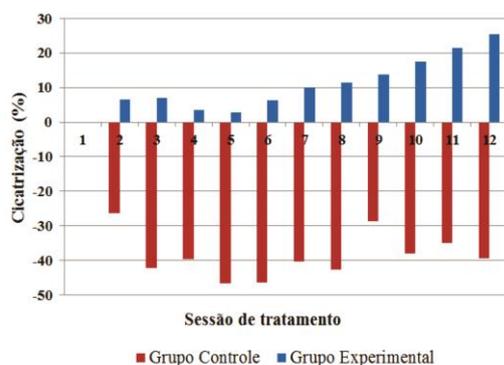
A literatura evidencia que a idade (acima de 60 anos) é um fator de risco no desenvolvimento da UP, o que pode ser justificado pelas alterações sofridas na pele com o envelhecimento. Os pacientes dos dois grupos contemplam diferentes faixas etárias, de 40 a 80 anos, o que leva a supor que a idade não foi o fator preponderante na origem ou manutenção das úlceras por pressão. O predomínio do sexo masculino nos dois grupos também não é um fator relevante na origem ou manutenção dessas feridas.

**Tabela1** – Características dos pacientes

Paciente	Idade (anos)	Sexo
<b>Grupo Controle</b>		
1	42	M
2	73	M
3	41	M
4	69	F
5	72	M
<b>Grupo Experimental</b>		
1	68	F
2	74	M
3	72	F
4	40	M
5	41	M

Na Fig. 1 pode-se observar que no grupo experimental ocorreu 25% de cicatrização no final do tratamento, com diminuição da área das feridas. O grupo controle apresentou aumento da área das feridas.

A redução da área das feridas foi significativamente maior no grupo experimental em relação ao controle, indicando



**Fig. 1** - Taxa de cicatrização das feridas.

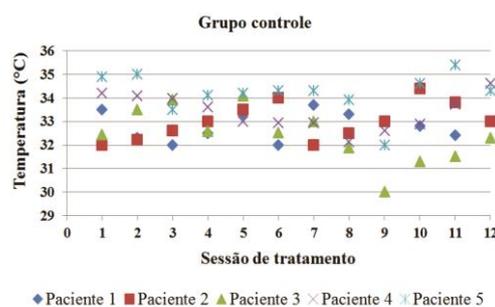
que o processo de cicatrização neste grupo foi estimulado pela aplicação da fototerapia com LEDs.

Os resultados corroboram com outros estudos que apontam a fototerapia com LEDs na promoção da cicatrização de feridas, devido aos efeitos fisiológicos da luz (Karu 2003, Whelan et al. 2003, Erdle et al. 2008).

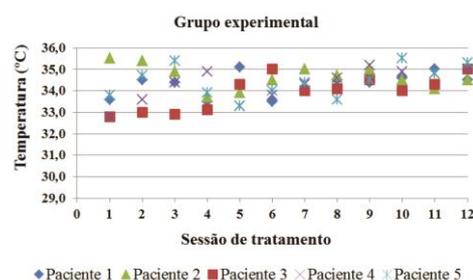
Na Fig. 2 é demonstrada a temperatura das feridas no grupo controle, a qual variou de 30°C a 35,4°C. Entretanto, um paciente apresentou valores inferiores a 32°C nas últimas sessões. Esse fato justifica-se pela ausência de troca das fraldas do paciente. Como ele apresentava incontinência urinária, os valores baixos de temperatura relacionavam-se à umidade constante nessa região.

Os valores de temperatura das feridas no grupo experimental são observados na Fig. 3, os quais variaram de 32,8°C a 35,5°C.

Todas as funções celulares são afetadas pela temperatura, incluindo as reações químicas (metabolismo, síntese de proteína e oxidação) e processos de fagocitose, mitose e locomoção (Bryant 2000). A faixa adequada de temperatura para que ocorra a cicatrização varia entre 32°C a 36°C (Rocha 2009).



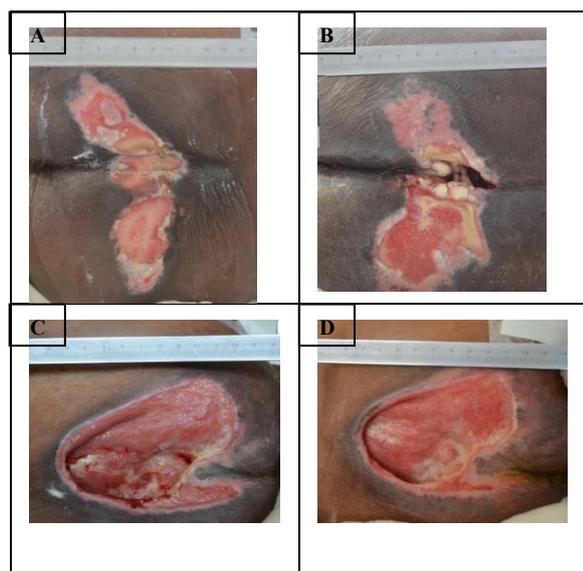
**Fig. 2** - Temperatura das feridas no controle.



**Fig. 3** - Temperatura das feridas no experimental.

Nota-se que os dois grupos apresentaram a temperatura das feridas dentro da faixa adequada para cicatrização. Esse resultado pode ser justificado pelo fato que os dois grupos foram tratados diariamente com uma cobertura à base de hidrogel com alginato.

Na Fig. 4 é demonstrada a evolução das feridas nos dois grupos, especificamente nas sessões 1 e 12. As Fig. 4A e 4B representam um paciente do grupo controle, enquanto as Fig. 4C e 4D reproduzem um paciente do grupo experimental. Percebe-se que o paciente do grupo experimental apresentou diminuição da área e da profundidade da ferida na 12<sup>a</sup> sessão de tratamento (Fig. 4D), enquanto o paciente do grupo controle demonstrou aumento da área e da profundidade da ferida (Fig. 4B).



**Fig. 4-** Imagem comparativa das feridas nos dois grupos.

Ao relacionar os achados termográficos com o comportamento da área das feridas, o grupo controle apresentou valores de temperatura abaixo de 32°C em algumas sessões, com variações significativas de temperatura no decorrer das sessões de tratamento. Variações essas que ocorreram também na taxa de cicatrização.

Já o grupo experimental apresentou variações de temperatura nas primeiras sessões com uma pequena taxa de

cicatrização (abaixo de 10%). A partir da 6<sup>a</sup> sessão, a temperatura das feridas se manteve estabilizada, o que correlaciona com a taxa de cicatrização, que passou a aumentar também a partir dessa sessão.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem uma relação entre as variações da temperatura e o comportamento da área das feridas cutâneas.

Entretanto, há necessidade de outros estudos clínicos randomizados e controlados para que a termografia tenha sua eficácia comprovada na avaliação da cicatrização de feridas cutâneas.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a empresa SEVA Engenharia Eletrônica, em especial, os engenheiros Lucas Alfredo Queiroz Silva e Henry Fabrício Pimenta Martins.

#### REFERÊNCIAS

- Abla, L.E.F.; Ishizuka, M.M.A. 1995. Fisiopatologia das Feridas. In: Ferreira, L.M. Manual de cirurgia plástica. São Paulo: Atheneu.
- Barolet, D. 2008. Light-Emitting Diodes (LEDs) in Dermatology. *Semin. Cutan. Med. Surg.* 27, p.227-238.
- Boylan, A. et al. 1992. Infrared emissivity of burn wounds. *Clinical Physics and Physiological Measurement*, 13(2), p.125-127.
- Brown, M. et al. 2006. Dermal and transdermal drug delivery systems: current and future prospects. *Drug Delivery*, 13(3), p.175-187.
- Bryant, R.A. 2000. Acute and chronic wounds: current management concepts. 2th ed. St. Louis: Elsevier Mosby.
- Cesaretti, I.U.R. 1998. Processo fisiológico de cicatrização da ferida. *Pelle Sana*, 2, p.10-12.
- Clark, C. et al. 2003. Topical 5-aminolaevolinic acid photodynamictherapy for cutaneous lesions: outcome and comparison of light sources. *Photodermatol.Photoimmunol. Photomed.*, 19, p.134-141.

- Cutting, K.F. 2006. Electric stimulation in the treatment of chronic wounds. *Wounds*, 2(1), p.62-71.
- Desmet, K.D. 2006. Clinical and experimental applications of NIR LED photobiomodulation. *Photomedicine and Laser Surgery*, 24(2), p.121-128.
- Eells, J.T. et al. 2004. Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. *Mitochondrion*, 4, p.559-567.
- Erdle, B.J. et al. 2008. Effects of continuous-wave (670-nm) red light on wound healing. *Dermatol. Surg.*, 34(3), p.320-325.
- Garcia, A.;Siddiqui, A. 2012. Pressure ulcers: the role of thermography and the need to revisit staging. *Ostomy Wound Manage*, 58(12), p.10.
- Huang, C.L. et al. 2011. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *Journal of Vascular Surgery*, 54(4), p.1074-1080.
- Karu, T.I. 2003. Low-power laser therapy. In: T. Vo-Dinh ed. *Biomedical Photonics Handbook*. Florida: CRC Press.
- Lewis, M. et al. 2003. Pressure ulcer prevention and treatment: transforming research findings into consensus based clinical guidelines. *International Journal of Nursing Practice*, 9, p.92-102.
- Madison, K.C. 2003. Barrier function of the skin: "la raison d'Être" of the epidermis. *J. Invest. Dermatol.*, 121, p.231-241.
- Mandelbaum, S.H. et al. 2003. Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares – Parte II. *An Bras Dermatol.*, 78(5), p.525-542.
- Ministério da Saúde. 2002. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenç o B sica. Manual de condutas para úlceras neurotróficas e traum ticas - Brasília: Ministério da Saúde.
- Nagase, T. et al. 2011. Variations of plantar thermographic patterns in normal controls and non-ulcer diabetic patients: novel classification using angiosome concept, *Aesthetic*, 64(7), p.860-866.
- Nakagami, G. et al. 2010. Predicting delayed pressure ulcer healing using thermography: a prospective cohort study. *Journal of Wound Care*, 19(11), p.465-466.
- Poltawski, L.; Watson, T. 2007. Transmission of therapeutic ultrasound by wound dressings. *Wounds*, 19(1), p.1-12.
- Robson, M.C. et al. 2000. Wound healing trajectories as predictors of effectiveness of therapeutic agents. *Arch. Surg.*, 135, p.773-777.
- Rocha, C.L.J.V. 2009. Histophysiology and classification of burn: consequences of local systems and tissue loss in patients burnt, *Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais*, 1(3), p.140-147.
- Solear, A.M. et al. 2000. Photodynamic therapy of superficial basal cell carcinoma with 5-aminolevulinic acid with dimethylsulfoxide and ethylenediaminetetraacetic acid: a comparison of two light sources. *Photochem. Photobiol.*, 71, p.724-729.
- Whelan, H.T. et al. 2003. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on molecular changes for wound healing in diabetic mice. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 21, p.67-74.
- Yamamoto, T. et al. 2013. Handy thermography for bedside evaluation of pressure ulcer. *Journal of Plastic Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 66(7), p. 205-206.
- Yeh, N.G. et al. 2010. Light-emitting diodes - their potential in biomedical applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, p. 2161-2166.