

Estimulação elétrica de alta voltagem incrementa a cicatrização de lesões cutâneas crônicas: análise de seis casos

High voltage pulsed stimulation increases cicatrization of chronic cutaneous ulcers: analysis of six cases

Estimulación eléctrica de alto voltaje incrementa la cicatrización de úlceras cutâneas crônicas: análisis de seis casos

Maísa Soares Gui¹, Rinaldo Roberto de Jesus Guirro², Daniel Iwai Sakabe³, Fabiana Forti Sakabe³

RESUMO | O tratamento de úlceras cutâneas por estimulação elétrica tem crescido na prática clínica, no entanto, faltam estudos que investiguem a efetividade desse recurso em acompanhamento prolongado ou até que ocorra a cicatrização completa das lesões. Assim, a estimulação elétrica de alta voltagem (EEAV) foi aplicada em úlceras cutâneas crônicas com o objetivo de reduzir a área da lesão. Para tanto, participaram do estudo quatro homens que apresentavam seis úlceras cutâneas que receberam a EEAV (fase=15ms; F=100 Hz; T:100 a 150 V; fases gêmeas), 2 vezes por semana, durante 30 minutos. O eletrodo com polaridade negativa foi colocado sobre a lesão e o positivo no trajeto vascular. As úlceras foram avaliadas pré e pós-intervenção por meio da fotogrametria, sendo calculada a área da lesão. Como resultado, observamos o fechamento completo da lesão nos sujeitos I e II (área de 4,66 cm² para 0 após 21 sessões e de 1,74 cm² para 0 após 16 sessões, respectivamente). O sujeito III obteve redução de 93% na área da lesão direita (de 2,02 para 0,14 cm²) e na esquerda de 80,40% (de 2,50 para 0,49 cm²), após 100 sessões. No sujeito IV ocorreu o fechamento completo da lesão sacral (de 10,74 cm² para 0) e a redução da lesão isquiática de 11,01 para 2,43 cm², após 75 sessões. Desse modo, concluímos que a EEAV facilitou o processo de cicatrização das úlceras estimuladas, pois as áreas de todas as úlceras apresentaram diminuição superior a 78%, havendo cicatrização completa em três delas.

Descritores | estimulação elétrica; cicatrização; fotogrametria; técnicas de fechamento de ferimentos.

ABSTRACT | The treatment of cutaneous ulcers by electrical stimulation in clinical practice has grown, however there are few studies investigating the effectiveness of these individual resources in monitoring and complete healing of the lesions. Thus, High Voltage Pulsed Stimulation (HVPS) was used in chronic skin ulcers with the aim of reduce the area of the lesion. Four male subjects with chronic cutaneous ulcers participated in the study. The treatment of the injury consisted on HVPS application (15 microseconds, 100/150 V, 100 Hz) for 30 minutes, 2 times weekly. The electrode with negative polarity was placed on the lesion and positive on vascular path. The ulcers were assessed pre and post-intervention by photogrammetry, and it was calculated the area of the lesion. As a result, we observed the complete healing in the subjects I and II (respectively, area of 4.66 cm² to 0 after 21 sessions and 1.74 cm² to 0 after 16 sessions). The area of subject III right ulcer obtained reduction of 93% after 100th session (2.02 to 0.14 cm²) and left ulcer obtained reduction of 80.40% (2.50 to 0.49 cm²). In subject IV there was a complete healing of the sacral lesion after 75 sessions (10.74 cm² to 0) and decrease sciatic lesion of 11.01 to 2.43 cm². Thus we conclude that HVPS facilitated the healing process of stimulated ulcers because the areas of all ulcers had decreased more than 78%, and in three of them there was complete healing.

Keywords | electric stimulation; wound healing; photogrammetry; wound closure techniques.

Estudo desenvolvido no Departamento de Fisioterapia das Faculdades Integradas Einstein de Limeira - Limeira (SP), Brasil.

¹Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Piracicaba (SP), Brasil.

²Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP) - Ribeirão Preto (SP), Brasil.

³Curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas Einstein de Limeira - Limeira (SP), Brasil.

RESUMEN | El tratamiento de úlceras cutáneas con el uso de estimulación eléctrica tiene crecido en la práctica clínica, pero no hay muchos estudios que investigaron la efectividad de eso recurso en el acompañamiento prolongado o hasta la ocurrencia de la cicatrización completa de las lesiones. Así, la estimulación eléctrica de alto voltaje (EEAV) fue aplicada en úlceras cutáneas crónicas con el objetivo de reducir la área de la lesión. Para eso, cuatro hombres con seis úlceras cutáneas crónicas participaron del estudio, los cuales habían recibido la EEAV (fase=15ms; F=100 Hz; T: el 100 al 150 V; fases), dos veces por semana, por 30 minutos. Lo electrodo con polaridad negativa fue posicionado sobre la lesión y lo positivo en el trayecto vascular. Las úlceras fueron evaluadas antes y después de la intervención por medio de la fotogrametría, y la área de la lesión fue calculada.

Se observó, como resultado, el cierre completo de la lesión en los sujetos I y II (área de 4,66 cm² para O después de 21 sesiones y de 1,74 cm² para O después de 16 sesiones, respectivamente). El sujeto III obtuvo reducción del 93% en el local de la lesión derecha (de 2,02 para 0,14 cm²) y en la izquierda del 80,40% (del 2,50 para 0,49 cm²) después de 100 sesiones. El cierre completo de la lesión del sacro (del 10,74 cm² para O) y la reducción de la isquiática del 11,01 para 2,43 cm² ocurrieron en el sujeto IV después de 75 sesiones. Por lo tanto, se concluyó que la EEAV ha facilitado el proceso de cicatrización de las úlceras estimuladas, pues las áreas de todas las úlceras presentaron disminución superior al 78% con cicatrización completa en tres de ellas.

Palabras clave | estimulación eléctrica; cicatrización de heridas; fotogrametría; técnicas de cierre de heridas.

INTRODUÇÃO

As lesões cutâneas apresentam variadas etiologias e podem se tornar crônicas em situações nas quais a formação tecidual é interrompida ou destruída por danos repetidos ou quando um ou mais elementos químicos ou celulares do processo de cicatrização estão deficientes¹.

No Brasil, o trabalho preventivo em geral não ocorre ou não é realizado adequadamente, fazendo com que a prevalência de úlceras de pressão no ambiente hospitalar se torne extremamente alta^{2,3}. A dificuldade no êxito do tratamento ainda é agravada por problemas como deficiências no estado nutricional do paciente e na mobilidade⁴.

Em 211 pacientes de risco avaliados foi observada uma incidência de 39,8% de úlceras de pressão⁵. E mais, altas taxas de morbidade e mortalidade são encontradas nesses pacientes^{1,6}. Esses resultados demonstram urgente necessidade da implantação de um programa de prevenção e tratamento dessas feridas.

Não somente as feridas dessa etiologia, como também todas as lesões crônicas, apresentam relevante repercussão para a saúde dos indivíduos de risco⁷. A lenta cicatrização nas úlceras vasculares tem sérias consequências para as pessoas, incluindo dor, perda do trabalho e redução na qualidade de vida⁸.

Dependendo do nível e da profundidade da lesão nos tecidos, as úlceras podem trazer complicações, como osteomielite, septicemia e mesmo levar o paciente a óbito. Além das perdas financeiras ocasionadas ao paciente e a familiares, o problema traz também transtornos psicológicos e impedem ou dificultam a participação do indivíduo em programas de reabilitação^{9,10}.

O tratamento de úlceras cutâneas por estimulação elétrica tem crescido na prática clínica¹¹, pois possui baixo custo e pode acelerar o processo de cicatrização, diminuindo os gastos com o tratamento¹². Em estudos com animais, foi sugerido que a estimulação elétrica melhora a cicatrização de feridas, aumentando os fatores de crescimento na epiderme e derme¹³.

Regan et al.¹⁴, em revisão sistemática, mostraram evidências que sustentam o uso da estimulação elétrica para acelerar a taxa de reparo tecidual em úlceras por pressão. Dentre esses recursos, a estimulação elétrica de alta voltagem (EEAV) promove a aceleração do processo cicatricial em úlceras crônicas de diversas etiologias^{7,15-18} devido aos seus efeitos significativos na melhora da circulação¹⁵.

No entanto, a maioria dos estudos^{7,16-19} realizou o acompanhamento das feridas por um curto período de tempo (quatro a seis semanas de estimulação)¹⁴, e não buscaram investigar se esse recurso levaria à cicatrização completa da lesão. Desse modo, acompanhamos a evolução das áreas de úlceras cutâneas crônicas durante o tratamento com estimulação elétrica de alta voltagem por um período de 12 meses e/ou até a sua cicatrização completa.

METODOLOGIA

Desenho do estudo

No presente estudo, apresentamos uma série de casos descrevendo os resultados do tratamento de 6 úlceras

cutâneas por EEAV, acompanhadas por um período de até 12 meses.

Participantes

Quatro sujeitos do sexo masculino (com idade de $54,75 \pm 20,71$), os quais apresentavam úlceras cutâneas crônicas, foram convidados a participar desta série de casos. O critério de inclusão consistia na presença de lesão cutânea de qualquer etiologia e o de exclusão a presença de infecção na lesão a ser tratada.

Procedimentos éticos

Este estudo foi conduzido de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa sob o protocolo número 08-3/019. A avaliação e a intervenção com EEAV foram realizadas na clínica escola de fisioterapia. Todos os sujeitos foram informados sobre os procedimentos experimentais e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para participação no estudo.

Intervenção

O tratamento proposto foi realizado com o equipamento de estimulação elétrica de alta voltagem, modelo Neurodyn High Volt® (IBRAMED®, registro no M.S. 5122).

A intervenção consistiu na aplicação da EEAV (fase=15ms; f=100 Hz; tensão de 100 a 150 V; fases gêmeas) com protocolo semelhante ao descrito por Houghton et al.⁷, sendo o tratamento realizado 2 vezes por semana e cada sessão teve duração de 30 minutos.

Os eletrodos ativos, com polaridade negativa, foram envolvidos por gaze estéril umedecida por soro fisiológico e depois posicionados e fixados com fita adesiva no interior da ferida. Fixou-se o eletrodo dispersivo autoadesivo de 10×18 cm (VALUTRODE® Axelgaard Manufacturing CO., LTD), com polaridade positiva, no trajeto vascular da região. A cada cinco minutos de tratamento, a gaze sob os eletrodos foi umedecida com soro fisiológico com ajuda de seringa estéril.

Ao final de cada sessão realizou-se a assepsia dos eletrodos para posterior utilização. A polaridade dos eletrodos manteve-se a mesma durante todo o tratamento.

Cabe destacar que cada sujeito possuía seu kit de eletrodos. Nenhum outro tipo de tratamento medicamentoso foi utilizado na úlcera tratada, exceto aplicação

diária de óleo de girassol — Ácidos Graxos Essenciais (Age) derivados do ácido linoleico — para hidratação cutânea e gaze para proteção. Esse procedimento foi adotado, pois todos os pacientes já faziam uso deste óleo há anos.

Método de avaliação

A evolução dos tratamentos foi analisada por meio de registros fotográficos padronizados para a análise da área das feridas, em cm^2 . Para tanto, utilizou-se uma câmera digital (Panasonic® Lumix, modelo FX12; 7,2 megapixels) posicionada a 40 cm da úlcera, perpendicularmente, contendo na imagem uma régua em contato com a pele, com escala em milímetro.

Após os registros, as imagens foram processadas no *software* utilizado por Davini et al.¹⁹, que calcula a área. A distância de 1 cm é demarcada na régua e informada ao *software* que calcula automaticamente essa distância em *pixels* (*DPixels*).

Análise dos dados

A apresentação dos dados foi realizada de forma descritiva para cada sujeito individualmente. Esse procedimento foi adotado em decorrência de as úlceras serem de etiologias diferentes e o número de sessões de EEAV variar entre os indivíduos.

RESULTADOS

Sujeito 1

Setenta e três anos, apresentava úlcera venosa superficial do tipo cratera rasa, na região anterior da tíbia direita, com perda parcial da continuidade da pele envolvendo epiderme e derme, presente há um ano. Na avaliação inicial, a ferida tinha área de $4,66 \text{ cm}^2$. Após 10 sessões, foi reduzida a $0,65 \text{ cm}^2$, e o fechamento completo foi obtido após 21 sessões (Figura 1).

Sujeito 2

Vinte e seis anos, paraplégico, com úlcera por pressão na região sacral, há um ano, classificada em grau II (cratera rasa). Na fotogrametria inicial registrou-se área de $1,74 \text{ cm}^2$. Após 10 sessões houve redução da área da lesão para

0,75 cm², e o fechamento completo ocorreu após 4 meses de aplicação da EEAV, totalizando 26 sessões (Figura 2).

Sujeito 3

Cinquenta e cinco anos, tetraplégico, apresentava duas úlceras de pressão isquiáticas há oito anos. A úlcera direita tinha área de 2,02 cm² no início do tratamento, que na 44ª sessão foi reduzida para 0,51 cm² e na 100ª sessão para 0,14 cm² (redução de 93%), como apresentado na Figura 3, destacando-se que a lesão foi classificada como grau IV (cratera profunda com extensa destruição).

A úlcera de pressão isquiática esquerda também era uma lesão de grau IV, a qual sofreu três tentativas de intervenção cirúrgica (enxerto), sem sucesso. Apresentou área inicial de 2,50 cm², a qual, após a 44ª sessão, foi reduzida para 1,53 cm² e na 100ª sessão para 0,49 cm² (redução de 80,40%).

Observa-se ainda que, entre a 48ª e 50ª sessões, ocorreu aumento da área da lesão de 1,53 para 2,07 cm². Nesse período, houve suspensão do tratamento por dois meses em virtude de infecção da lesão (Figura 3).

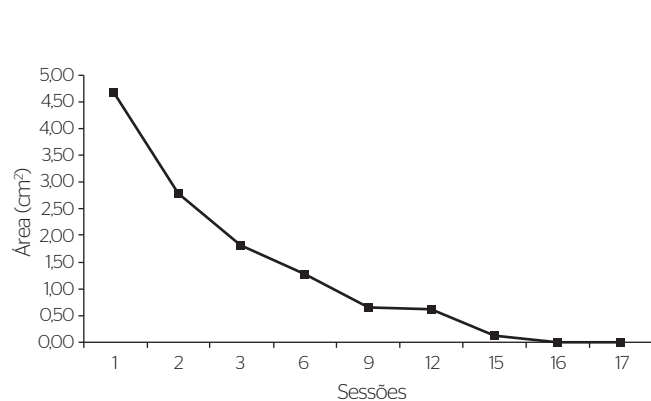


Figura 1. Evolução da área (cm²) da úlcera da perna do sujeito 1 ao longo do tratamento com estimulação elétrica de alta voltagem

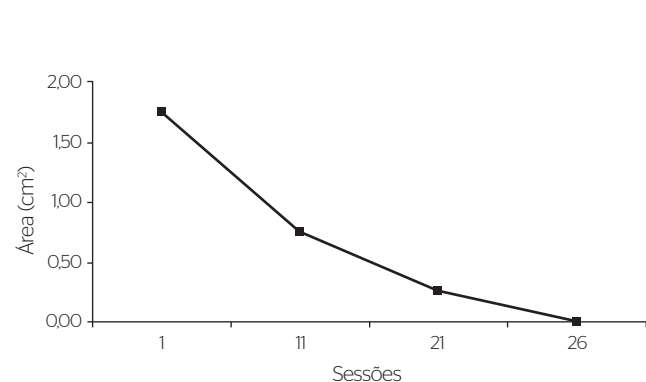


Figura 2. Evolução da área (cm²) da úlcera de pressão sacral do sujeito 2 ao longo do tratamento com estimulação elétrica de alta voltagem

Sujeito 4

Sessenta e seis anos, triplégico por seqüela de acidente vascular encefálico, apresenta duas úlceras de pressão, uma sacral e uma isquiática à direita, presentes há quatro anos. A lesão sacral, de grau III (cratera profunda), apresentou área inicial de 10,74 cm², após 37 sessões foi reduzida para 3,79 cm², cicatrizando completamente após 75 sessões (Figura 4).

A úlcera isquiática, grau III, apresentou na avaliação inicial área de 11,01 cm², que, após a 34ª sessão, foi reduzida para 2,94 cm² e, ao final da 75ª sessão, para 2,82 cm² (redução de 74,38%).

DISCUSSÃO

No presente estudo, observamos o fechamento completo de três feridas, e uma redução importante de outras três lesões tratadas com a EEAV. As úlceras mostravam diferentes etiologias e classificações, ocorrendo, portanto,

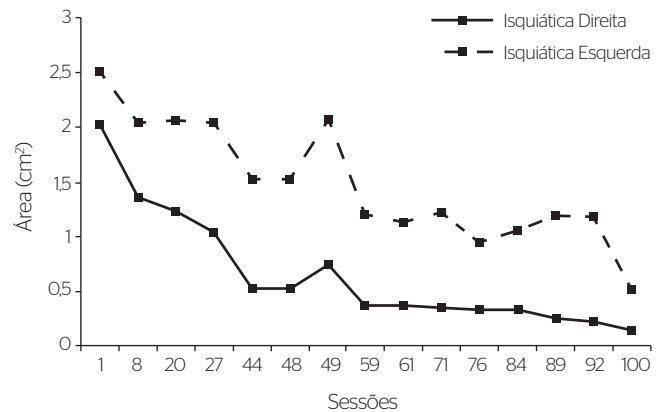


Figura 3. Evolução da área (cm²) das úlceras de pressão isquiática direita e esquerda do sujeito 3 ao longo do tratamento com estimulação elétrica de alta voltagem

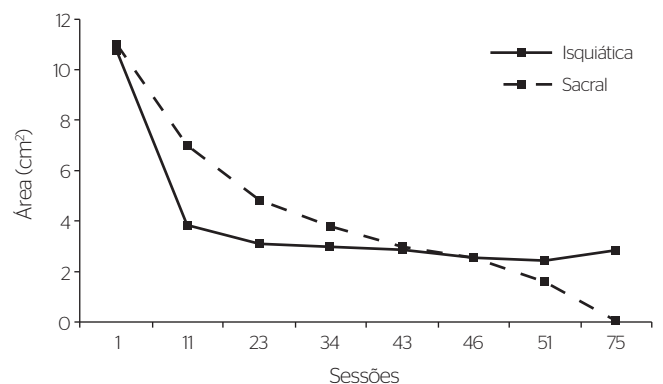


Figura 4. Evolução da área (cm²) das úlceras de pressão sacral e isquiática direita do sujeito 4 ao longo do tratamento com estimulação elétrica de alta voltagem

respostas distintas quanto à velocidade/tempo e porcentagem de cicatrização. Além disso, o acompanhamento desses pacientes por um período maior de tempo possibilitou melhor compreensão da resposta da lesão à estimulação.

A classificação das feridas compreende do estágio I ao IV em referência à profundidade de comprometimento tecidual e não à gravidade da lesão^{20,21}. A cicatrização ocorre à custa de tecido de granulação, por segunda intenção, e a avaliação da melhora ou piora da úlcera é feita pela mensuração de sua dimensão²². Desse modo, verificamos que as úlceras superficiais apresentaram maior velocidade de cicatrização, pois nos sujeitos 1 e 2 (grau II) houve o fechamento completo da lesão após 21 e 26 sessões, respectivamente, enquanto a cicatrização da lesão sacral do sujeito 4 (grau III) foi obtida em 75 sessões.

Já nos sujeitos que apresentavam úlceras grau IV houve redução de 74 a 93% das áreas das lesões, porém ocorreu de forma mais lenta. Essa resposta é de certa forma esperada, já que a cicatrização por segunda intenção ocorre do interior para o exterior da úlcera e, como essas lesões eram profundas, notar-se-iam mudanças na profundidade e não na área da lesão²⁰. Esse fato pôde ser observado pela visualização das imagens fotografadas, mas não foi mensurado no presente estudo e, portanto, considerado uma limitação do trabalho.

Todas as lesões que não cicatrizaram totalmente localizavam-se na região da prega glútea, ou seja, uma região de grande umidade e contaminação, e também um local de pressão constante, causadas por forças de cisalhamento e compressão.

Os estudos têm indicado melhora preferencialmente em úlceras por pressão¹⁹. Griffin et al.¹⁷ observaram, após 20 dias consecutivos de estimulação, redução de 80% da área das úlceras de pressão e diminuição de 52% no grupo controle. O protocolo consistiu na aplicação da polaridade negativa na lesão (60 minutos). Já Unger et al.¹⁶ realizaram inversão da polaridade dos eletrodos, iniciando com polaridade negativa, e, após seis dias de tratamento, a polaridade foi alterada para positiva. Oito dos 9 pacientes estimulados obtiveram cicatrização de 88,9%, enquanto no grupo controle, 3 dos 8 pacientes obtiveram melhora de 37,5%. Em outro estudo²³, úlceras de estágio II apresentaram incremento da cicatrização com aumento significativo no tecido de granulação em relação ao grupo controle, após seis semanas de tratamento.

No entanto, EEAV em úlceras crônicas vasculares na perna produziram redução no tamanho das feridas quando comparado com as feridas pseudotratadas⁷. Resultado

semelhante foi verificado no presente estudo, uma vez que, em um dos sujeitos que teve a lesão cicatrizada, a etiologia era venosa. Já em outro estudo²⁴, nove pacientes tiveram suas úlceras venosas cicatrizadas ou reduzidas de tamanho enquanto quatro tiveram suas feridas aumentadas, sendo o tempo de incidência das lesões o motivo relatado pelos autores. No que se refere ao tempo da lesão, vale ressaltar que as úlceras que não cicatrizaram tinham entre quatro e oito anos, tempo superior às que apresentaram cicatrização completa (um ano).

Observamos também rápida diminuição da área das lesões no início do tratamento, com tendência a estabilidade desse declínio. Essa diminuição na velocidade de cicatrização talvez possa ser explicada pela melhor resposta na inversão das polaridades de acordo com as fases em que o reparo tecidual se encontra, do que na manutenção de uma mesma polaridade até o final do tratamento^{25,26}.

Recio et al.²⁷ iniciaram o tratamento com EEAV polaridade negativa e depois alteraram-na semanalmente e obtiveram cicatrização completa de úlceras de pressão crônicas (existentes entre 11 e 14 meses).

Isso porque o reparo tecidual é dividido em quatro fases: hemostasia, inflamação, proliferativa e de remodelagem¹; assim, Sussman e Byl²⁶ preconizaram o início do tratamento com polaridade negativa, alterando a polaridade a cada três dias durante a fase de proliferação, e, na fase de remodelamento, alterando diariamente. É bem possível que a inversão da polaridade seja necessária nessas lesões crônicas e profundas, a fim de não terem o processo de cicatrização lentificado.

Os mecanismos pelos quais a EEAV alcança resultados positivos na cicatrização ainda são pouco elucidados. A corrente, apesar de ter polaridade (onda monofásica)^{28,29}, passa através da pele com efeitos térmicos e eletroquímicos desprezíveis, e a maior densidade da corrente fica disponível para os tecidos-alvos, afetando diretamente o nível celular³⁰. Além disso, pode ser efetiva para conter e absorver edemas agudos, para acelerar a reparação de tecidos dérmicos e subdérmicos e para controle da dor³¹. Outro aspecto a ser considerado é a galvanotaxia, caracterizada pela migração de células carregadas eletricamente em relação a um campo elétrico de polaridade oposta. No que diz respeito à cicatrização da pele, os campos elétricos aplicados exogenamente da mesma ordem de grandeza que aqueles encontrados em lesões promovem a migração dos queratinócitos humanos para o cátodo³², polaridade aplicada sobre a lesão no presente estudo.

Além de suas ações circulatórias e regenerativas, a EEAV apresenta ação bactericida¹⁸, pois leva às alterações

locais no pH, mudanças eletroquímicas no tecido lesado e ao recrutamento de fatores antimicrobianos do organismo.

Campos elétricos endógenos resultantes de um ferimento podem atuar como um importante guia de estímulo para a migração de células estaminais epidérmicas de seus nichos para dentro da ferida, facilitando a cicatrização³³; no entanto, foi sugerido que a cascata de eventos que ocorre durante e após o processo inflamatório/proliferativo da cicatrização pode ter sofrido interrupção nos casos de feridas crônicas e que a estimulação elétrica dessas feridas produz efeitos capazes de reiniciar ou “dar a partida” para a fase de reparação^{34,35}. Além disso, a estimulação elétrica pode acelerar a cicatrização, reduzindo a inflamação, aumentando a angiogênese e avançando para os estágios de remodelação³⁶.

O aumento na microcirculação ao redor de feridas inframaleolares isquêmicas explicaria o rápido declínio na área de 11 úlceras estimuladas por EEAV³⁷. Além disso, verificaram o aumento da pressão transcutânea de oxigênio e da perfusão capilar na borda de úlceras venosas, indicando que a EEAV pode levar à oxigenação e à cicatrização pelo aumento da perfusão tecidual^{38,39}.

Por fim, a efetividade do tratamento por EEAV pode estar relacionada à etiologia da lesão, ao tempo de ocorrência e localização da ferida, mas também com a polaridade dos eletrodos. Portanto, as perspectivas clínicas dos nossos resultados reforçam cada vez mais a necessidade do tratamento multidisciplinar no manejo dessa patologia. Considerando as limitações do delineamento utilizado quanto à possibilidade de generalizações, o próximo passo deverá ser a aplicação da intervenção por EEAV em amostra aleatória e representativa em pacientes com úlceras cutâneas, determinando a polaridade de acordo com a fase de cicatrização e associando com tratamentos convencionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das condições experimentais realizadas, pode-se verificar que as áreas de todas as úlceras estimuladas pela EEAV diminuíram e houve cicatrização completa em três delas.

REFERÊNCIAS

- Gonçalves G, Parizotto NA. Fisiopatologia da reparação cutânea: atuação da fisioterapia. *Rev Bras Fisioter.* 1998;3:5-13.
- Bryant RA, Bar BW, Beshara M, Broussard CI, Cooper DM, Dougherty DB, et al. *Acute and chronic wounds: nursing management.* 2. ed. Missouri: Mosby; 2000.
- Petrolino HMBS. Úlcera de pressão em pacientes de unidade de terapia intensiva: incidência, avaliação de risco e medidas de prevenção. São Paulo. [Dissertação] – Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo (USP);2002.
- Serpa LF, Santos V LCG. Malnutrition as a risk factor for the development of pressure. *Ulcers Acta Paul Enferm.* 2008;21(2):367-9.
- Rogenski NMB, Santos VLGC. Estudo sobre a incidência de úlceras de pressão em um Hospital Universitário. *Rev Latino-am Enferm.* 2005;13(4):474-80.
- Roach R. The practicing physicians guide to pressure ulcers in 2008. *Med Health. R I.*2008;91(12):382-3.
- Houghton PE, Kincaid CB, Lovell M, Campbell KE, Keast DH, Gail WM. Effect of electrical stimulation on chronic leg ulcer size and appearance. *Phys Ther.* 2003;83(1):17-28.
- Gogia PP. *Clinical Wound Management: Ulcers of the lower extremities.* Thorofare: Alpine;1995.
- Faro ACM. Fatores de risco para úlcera de pressão: subsídios para a prevenção. *Rev Esc Enferm USP.* 1999;33(3):279-83.
- Langemo DK, Anderson J, Voldem CM. Nursing quality outcome indicators. *North Dakota Study. J Nurs Adm.* 2002;32(2):98-105.
- Dissemond J. Physical treatment modalities for chronic leg ulcers. *Hautarzt.* 2010;61(5):387-96.
- Mittmann N, Chan BC, Craven BC, Isogai PK, Houghton P. Evaluation of the cost-effectiveness of electrical stimulation therapy for pressure ulcers in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92:866-72.
- Kutlu AK, Çeçen D, Gürgen SG, Sayin O, Çetin F. A Comparison Study of Growth Factor Expression following Treatment with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Saline Solution, Povidone-Iodine, and Lavender Oil in Wounds Healing. *Evid Based Complement Alternat Med.* Epub 2013;2013:361832. doi:10.1155/2013/361832. Epub 2013 jun 3.
- Regan MA, Teasell RW, Wolfe DL, Keast D, Mortenson WB, Aubut JL. A systematic review of therapeutic interventions for pressure ulcers after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90:213-31.
- Davini R, Nunes CV, Guirro ECO, Guirro RRJ. Estimulação Elétrica de Alta Voltagem uma opção de tratamento. *Rev Bras Fisioter.* 2005;9(3):249-56.
- Unger P, Eddy J, Raimastry S. A controlled study of the effect of high voltage pulsed current (HVPC) on wound healing. *Phys Ther.* 1991;71:S119.
- Griffin JW, Tooms RE, Mendius RA. Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. *Phys Ther.* 1991;71(6):433-44.
- Szuminsky NJ, Albers AC, Unger P, John GE. Effect of narrow, pulsed high voltages on bacterial viability. *Phys Ther.* 1994;74(7):660-7.
- Davini R, Nunes CV, Guirro ECO, Guirro RRJ. Tratamento de úlceras cutâneas crônicas por meio da estimulação elétrica de alta voltagem. *Rev Cienc Med.* 2005;14(3):249-58.
- Costa MP, Sturtz G, Costa FP. Epidemiologia e tratamento das úlceras de pressão: experiência de 77 casos. *Acta Ortop Bras.* 2005;13(3):124-33.
- Nogueira PC, Caliri MHL, Santos CB. Fatores de risco e medidas preventivas para úlcera de pressão no lesado medular. Experiência da Equipe de Enfermagem do HCFMRP-USP. *Rev Bras Med.* 2002;35.
- Bergstrom N, Allman RM, Alvarez OM, Carlson CE, Eaglesetain W, Frantz RA, et al; U.S. Department of Health and Human Services - Public Health Service. *Pressure Ulcers Treatment. Clinical Practice:*

- Guideline Number 15. Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR) Publication. 1994; 95(0652):40.
23. Franek A, Kostur R, Polak A, Taradaj J, Szlachta Z, Blaszczyk E, et al. Using high-voltage electrical stimulation in the treatment of recalcitrant pressure ulcers: results of a randomized, controlled clinical study. *Ostomy Wound Manage*. 2012;58(3):30-44.
 24. Pires EJ. Fisioterapia na cicatrização e recuperação funcional nos portadores de úlcera de hipertensão venosa crônica: uso da estimulação elétrica com corrente de alta voltagem. São Paulo. [Dissertação] – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP); 2006.
 25. Reich JD, Tarjan PP. Electrical stimulation of skin. *Int J Dermatol*. 1990;29:395-400.
 26. Sussman C, Byl N. Electrical Stimulation for Wound Healing. In: Sussman C, Bates-Jensen BM editors. *Wound Care Collaborative Practice Manual for Physical Therapists and Nurses*. Aspen Publishers. 1998;16.
 27. Recio AC, Felter CE, Schneider AC, McDonald JW. High-voltage electrical stimulation for the management of Stage III and IV pressure ulcers among adults with spinal cord injury: Demonstration of its utility for recalcitrant wounds below the level of injury. *J Spinal Cord Med*. 2012;35(1):58-63.
 28. Rodrigues-Bigaton D, Almeida AFN, Berni, KCS, Pedroni CR; Gonçalves RN, Bérzin F. Utilização de diferentes estimulações elétricas para o tratamento da dor em mulheres com disfunção temporomandibular. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(6):476-81.
 29. Sandoval MC, Ramirez C, Camargo DM, Salvini TF. Effect of high-voltage pulsed current plus conventional treatment on acute ankle sprain. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(3):193-9.
 30. Low J, Reed A. *Eletroterapia Explicada: princípios e prática*. São Paulo: Manole; 2001.
 31. Garcia LB, Guirro ECO. Efeitos da estimulação de alta voltagem no linfedema pós-mastectomia. *Rev Bras Fisioter*. 2005;9(2):243-8.
 32. Nishimura K, Isseroff R, Nuccitelli R. Human keratinocytes migrate to the negative pole in direct current electric fields comparable to those measured in mammalian wounds. *J Cell Sci*. 1996;109:199-207.
 33. Li L, Gu W, Du J, Reid B, Deng X, Liu Z, et al. Electric fields guide migration of epidermal stem cells and promote skin wound healing. *Wound Repair Regen*. 2012;20:840-51.
 34. Weiss DS, Kirsner R, Eagstein WH. Electrical stimulation and wound healing. *Arch Dermatol*. 1991;126:222-5.
 35. Gentzkow GD, Miller KH. Electrical stimulation for dermal wound healing. *Clin Podiatr Med Surg*. 1991;8(4):827-41.
 36. Sebastian A, Syed F, Perry D, Balamurugan V, Colthurst J, Chaudhry IH, et al. Acceleration of cutaneous healing by electrical stimulation: Degenerate electrical waveform down-regulates inflammation, up-regulates angiogenesis and advances remodeling in temporal punch biopsies in a human volunteer study. *Wound Repair Regen*. 2011;19:693-708.
 37. Goldman RJ, Brewley BI, Golden MA. Electrotherapy reoxygenates inframalleolar ischemic wounds on diabetic patients: a case series. *Adv Skin Wound Care*. 2003;15:112-20.
 38. Goldman RJ, Rosen M, Brewley BI, Golden M. Electrotherapy Promotes Healing and Microcirculation of Infrapopliteal Ischemic Wounds: A Prospective Pilot Study. *Adv Skin Wound Care*. 2004;17(6):284-94.
 39. Ud-Din S, Perry D, Giddings P, Colthurst J, Zaman K, Cotton S, et al. Electrical stimulation increases blood flow and haemoglobin levels in acute cutaneous wounds without affecting wound closure time: evidenced by non-invasive assessment of temporal biopsy wounds in human volunteers. *Exp Dermatol*. 2012;21:758-64.