



Efeitos da radiofrequência na cicatrização de feridas cutâneas em ratos: análise por planigrafia digital e avaliação histológica

Effects of radiofrequency on the healing of skin wounds in rats: analysis using digital planigraphy and histological evaluation

ANA MARIA CARDOSO CEPEDA^{1,2*}
ANTONIO CARLOS CAMPOS¹
GILIAN FERNANDA DIAS ERZINGER^{1,3}
PRISCILA BALBINOT¹

RESUMO

Introdução: Tendo em vista o número de cirurgias plásticas e a busca por melhores resultados estético-funcionais fazem-se necessárias pesquisas para encontrar meios para melhorar a cicatrização e as cicatrizes. O objetivo é avaliar os efeitos de três sessões de radiofrequência na cicatrização da pele de ratos. **Métodos:** Quarenta e oito ratos machos foram divididos em quatro grupos conforme ao grupo que pertenciam e o dia do sacrifício (grupo radiofrequência - GR - e grupo controle - GC). Realizada a dissecação da ferida excisional de 2 cm x 2 cm (4 cm²) e utilizou-se um *punch* de 6 mm para a realização de duas feridas excisionais de 0,6 cm de diâmetro. Após 24 h, foi realizada a radiofrequência com o equipamento Spectra[®] na região dorsal, diretamente sobre as feridas por 7 minutos, com temperatura de 38°C. Repetida por três vezes, em dias alternados. No grupo controle foi realizada com o aparelho desligado. **Resultados:** Foi encontrada área maior na ferida quadrada, no 3º dia pós-operatório do GR (GR7 3,3 cm² ± 0,7 cm² vs. GC7 2,4 cm² ± 0,4 cm², *p* = 0,009). No 14º dia a ferida quadrada do GR foi maior do que no GC (GR14 1,9 cm² ± 0,5 cm² vs. GC14 1,0 cm² ± 0,3 cm², *p* = 0,001). Houve fechamento de 90% das feridas no GC14. No GR14, 60% das feridas foram reepitelizadas enquanto 40% permaneceram ulceradas. No GC7, 70% das feridas de permaneceram ulceradas e 30% foram reepitelizadas. Já no GR7, 8%, foram reepitelizadas e 92% permaneceram ulceradas. **Conclusão:** A radiofrequência tem influência negativa no processo cicatricial, mostrando que, nos ratos que receberam a radiofrequência, o quadrado permaneceu ulcerado. **Descritores:** Cicatrização; Cicatriz; Fibroblastos; Reepitelização.

Instituição: Universidade Federal do Paraná,
Curitiba, PR, Brasil.

Artigo submetido: 13/8/2015.
Artigo aceito: 5/6/2016.

Conflitos de interesse: não há.

DOI: 10.5935/2177-1235.2016RBCP0091

¹ Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

² Curso de Fisioterapia na Faculdade Paranaense, Curitiba, PR, Brasil.

³ Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

■ ABSTRACT

Introduction: Given the extensive use of plastic surgery and the search for better aesthetic and functional results, it is necessary to research ways to improve healing and scarring. The objective is to evaluate the effects of three radiofrequency (RF) sessions in healing the skin of mice. **Methods:** Forty-eight rats were divided into four groups by day of sacrifice and treatment (RF group: RG; control group: CG). Dissection of the excisional wound of 2 cm x 2 cm (4 cm²) was performed and a 6-mm punch was used to hold two excisional wounds 0.6 cm in diameter. After 24 h, radiofrequency was performed using Spectra® directly on the wound in the dorsal region for 7 minutes at 38°C. This was repeated three times on alternate days. For the control group, the radiofrequency protocol was performed with the device switched off. **Results:** A larger area of the square wound was measured on postoperative day three in RG (RG7: 3.3 cm² ± 0.7 cm² vs. CG7: 2.4 cm² ± 0.4 cm²; *p* = 0.009). On day 14, the square wound in RG was greater than in CG (RG14: 1.9 cm² ± 0.5 cm² vs. CG14: 1.0 cm² ± 0.3 cm²; *p* = 0.001). There was a 90% closure of wounds in CG14. In RG14, 60% of the wounds were re-epithelized while 40% remained ulcerated. In CG7, 70% of the remaining wounds were ulcerated and 30% were re-epithelized. In RG7, 8% were re-epithelized and 92% remained ulcerated. **Conclusion:** Radiofrequency has a negative influence on the healing process, as indicated by mice that received radiofrequency having a persistent ulcerated wound.

Keywords: Healing; Scar; Fibroblasts; Re-epithelialization.

INTRODUÇÃO

A cicatrização após cirurgia estética é de grande interesse, tendo em vista o número de cirurgias plásticas no Brasil e a busca por melhores resultados estético-funcionais. Faz-se necessária a investigação e aprimoramento em técnicas e soluções para uma reparação cutânea mais próxima da perfeição.

As fibras de colágeno proporcionam a força tênsil na fase de cicatrização do reparo tecidual. O seu metabolismo consiste em equilíbrio entre biossíntese e degradação que são reabsorvidas durante o crescimento, remodelação, involução, inflamação e reparo de tecidos. A reabsorção é iniciada por collagenases específicas que podem digerir as moléculas de tropocolágenos da fibra¹.

O colágeno tem como função primária o suporte da matriz extracelular, ou seja, fornece resistência e integridade estrutural a diversos tecidos e órgãos, entre eles a derme. Além disso, quando imaturo, o colágeno caracteriza-se por grande quantidade de fibroblastos jovens e fibras colágenas menos densas devido à grande quantidade de água que possui. Com o passar do tempo, o colágeno amadurece e, desta forma, torna-se menos celular e com menor quantidade de água. A partir daí, o

tecido conjuntivo vai amadurecendo progressivamente com maior deposição de colágeno maduro¹.

A capacidade de contrair colágeno com a energia térmica não é novidade na Medicina. A contração térmica induzida de colágeno foi obtida favoravelmente em Medicina Esportiva, alterando o alongamento dos ligamentos responsáveis pela instabilidade do ombro. Este conceito de contração, com o mínimo ou nenhum dano epidérmico, é extremamente interessante².

A Fisioterapia possui recursos terapêuticos capazes de influenciar este processo, sendo a radiofrequência (RF) a principal responsável por essa facilitação, tendo em vista os efeitos de aquecer o tecido profundo enquanto a epiderme permanece protegida³.

Entretanto, o efeito da RF na cicatrização permanece desconhecido. Assim, objetivou-se um estudo em animal de experimentação para avaliar o seu uso na cicatrização de feridas cutâneas em ratos por planigrafia computadorizada digital, com análise macroscópica e análise histológica.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos de RF na cicatrização cutânea de ratos.

MÉTODOS

O estudo caracterizou-se como uma pesquisa quantitativa experimental controlada e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), sob o registro nº 684 no dia 28 de fevereiro de 2013.

Os experimentos ocorreram no laboratório da PUC-PR, Curitiba-PR. O estudo anatomopatológico foi desenvolvido no laboratório do Hospital São Lucas, na mesma cidade.

Foram incluídos 48 ratos machos adultos da espécie *Rattus norvegicus*, nome vulgar ratos Wistar albino, pesando entre 300 g e 350 g, com idade de ± 3 meses, mantidos em gaiolas individuais, com temperatura controlada por meio de ar condicionado estável de $21 \pm 2^\circ\text{C}$, ciclo claro/escuro de 12 h mantido artificialmente.

Os animais foram randomicamente divididos em quatro grupos de 12 animais, identificados por um número e pelo grupo: grupo controle (GC) e realizada a radiofrequência desligada e grupo radiofrequência (GR), com a radiofrequência ligada. E ainda, classificados quanto ao dia que foi realizada a eutanásia 7º ou 14º dia pós-operatório (PO).

- GC7: Grupo Controle 7.
- GR7: Grupo Radiofrequência 7.
- GC14: Grupo Controle 14.
- GR14: Grupo Radiofrequência 14.

Primeiramente, foi realizada a anestesia com ketamina 80 mg/kg e xilazina 8 mg/kg em cada animal, sendo aplicado, via intramuscular, cada anestésico em uma coxa.

Após a anestesia, foi realizada tricotomia e antisepsia com povidine-iodine (PVPI). A seguir, o animal foi posicionado em decúbito ventral com os quatro membros estendidos e a cabeça alinhada ao tronco. A marcação com caneta preta foi realizada utilizando um molde plástico de 2 cm x 2 cm (4 cm²) confeccionado pela autora.

Foi realizado incisão com bisturi de lâmina 20 nas bordas laterais do quadrado demarcado, com dissecação do segmento da pele. Adicionalmente, foram realizadas duas feridas excisionais circulares. Para tanto, utilizou-se um *punch* metálico de 6 mm com lâmina cortante na sua borda inferior. Seguiu-se a retirada de dois fragmentos cutâneos com 0,6 cm² de diâmetro, até a exposição da fáscia muscular dorsal.

Durante os 5 dias subsequentes foi ministrado, por via intramuscular, duas vezes ao dia, 5 mg/kg do analgésico dipirona para minimizar a dor ou desconforto que o animal pudesse estar sentindo.

Após 24 h das lesões, foi repetida a mesma anestesia citada acima. O eletrodo de dispersão de 10 x 5 cm² foi colocado na região abdominal para aplicação da radiofrequência na região dorsal. O eletrodo

ativo foi aplicado durante 7 minutos, 5 minutos sobre a região dorsal, e os outros 2 minutos foram necessários para atingir a temperatura ideal de 38°C.

Esse procedimento foi repetido por três vezes em dias alternados, sempre com os ratos sob efeito da anestesia. Utilizou-se a radiofrequência com uma amplitude de 100% e com gel neutro. A manopla foi posicionada sobre a pele dorso do rato em 90° e foram realizados movimentos retilíneos e circulares. Para isso, a temperatura foi conferida com o termômetro de infravermelho, no qual a aferição é exata e em tempo real. O termômetro foi mantido a uma distância de 10 cm² e posicionado a 90° em relação à pele. Em todos os grupos foi realizado o mesmo procedimento, com a diferença de que no controle o equipamento foi mantido desligado.

A documentação fotográfica foi realizada no dia da cirurgia, 1º dia PO, no 7º dia PO e no 14º dia PO.

A contração cicatricial da ferida do dorso dos ratos foi comparada mediante análise computadorizada de fotos digitais padronizadas utilizando ImageJ® software (*National Institutes of Health, EUA*).

Foram retiradas as amostras no 7º e 14º dia e armazenadas com solução de formaldeído a 10% e foram encaminhadas para confecção das lâminas no laboratório da PUC e realização da análise histológica.

Após este procedimento, os animais foram submetidos à eutanásia na câmara com saturação de CO₂ a 70%.

As amostras fixadas foram clivadas, acondicionadas em cassetes histológicos e submetidas a processamento em autotécnico para inclusão em parafina. As amostras foram emblocadas, cortadas em micrótomo a 3 µm, coradas pelo método de Hematoxilina-Eosina (HE) e montadas.

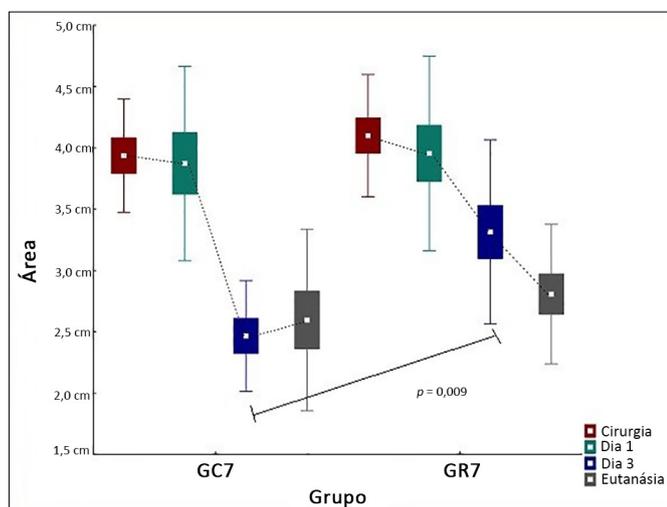
A análise microscópica em microscópio óptico Olympus modelo CX31® foi realizada por médico patologista que fez o laudo sem saber a que grupo pertencia o rato. Isso permitiu avaliar de forma semiquantitativa o componente inflamatório celular, os elementos celulares da inflamação crônica e aguda, reparação e proliferação fibroblástica.

Os dados foram mostrados como média e desvio padrão. Testes *t Student* e 1-way ANOVA foram utilizados para comparações intergrupais. Valores de $p < 0,05$ indicaram significância estatística.

RESULTADOS

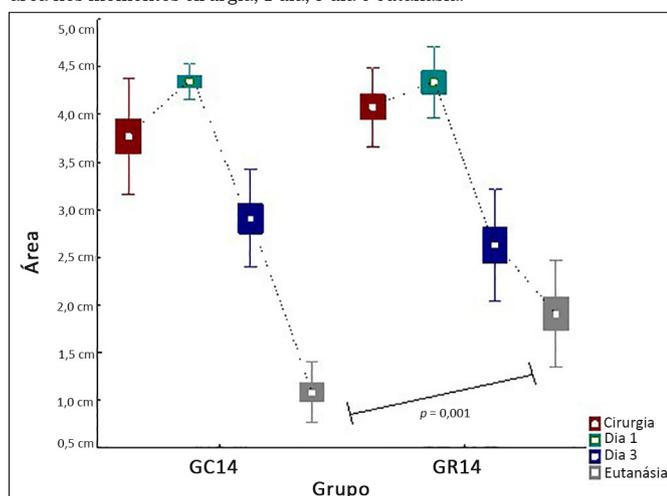
A evolução da redução da área de lesão em cada um dos tempos do experimento, analisadas pela planigrafia digital, esta apresentada nas figuras abaixo (Figuras 1 e 2).

Observa-se que a média da área no dia 3 do grupo GR7 é maior do que a área no grupo GC7 (GR7 3,3 cm² \pm 0,7 cm² vs. GC7 2,4 cm² \pm 0,4cm², $p = 0,009$).



GC7: Grupo Controle 7; GR7: Grupo Radiofrequência 7.

Figura 1. Comparação dos grupos GR7 e GC7 em relação às avaliações para área nos momentos cirurgia, 1 dia, 3 dia e eutanásia.



GC14: Grupo Controle 14; GR14: Grupo Radiofrequência 14.

Figura 2. Comparação dos grupos GR14 e GC14 em relação às avaliações para área nos momentos cirurgia, 1 dia, 3 dia e eutanásia.

Foi encontrada diferença significativa entre os grupos GR14 e GC14 no dia da eutanásia (GR14 $1,9 \text{ cm}^2 \pm 0,5 \text{ cm}^2$ vs. GC14 $1,0 \text{ cm}^2 \pm 0,3 \text{ cm}^2$, $p = 0,001$). Observa-se na figura acima que ambos os grupos apresentam um declínio da área no 3º dia, entretanto, no grupo GR14 há uma diminuição menor da área da ferida no dia da eutanásia do que no grupo GC14.

No 7º e 14º dia de pós-operatório as feridas dos grupos controle e experimento de todos os animais exibiram aspectos diferentes entre si (Tabela 1).

Houve fechamento de 90% das feridas no GC14 enquanto 10% mantiveram-se ulceradas. No GR14, 60% dos ratos com feridas de *punch* foram reepitelizadas enquanto 40% permaneceram ulceradas, mostrando uma diferença significativa entre GR14 e GC14 com o $p = 0,018$. No GC7, 70% das feridas de *punch* permaneceram ulceradas e 30% foram reepitelizadas. Já no GR7, 8% dos ratos, com feridas de *punch* foram reepitelizadas e 92% dos ratos permaneceram ulcerados.

Tabela 1. Comparação dos grupos controle e radiofrequência no 7º e 14º dia em relação à variável ulceração.

Ulceração	GC7	GR7	GC14	GR14
N	10	12	11	10
Presente (%)	70	92	10	40
Ausente (%)	30	8*	90	60**

* $p = 0,500$, ** $p = 0,018$.

Teste estatístico: 1-way ANOVA com pós-teste de *Turkey*.

GC7: Grupo Controle 7; GR7: Grupo Radiofrequência 7; GC14: Grupo Controle 14; GR14: Grupo Radiofrequência 14.

Nas Figuras 3 e 4, pode-se observar um exemplo dos detalhes das feridas de *punch* e quadrado.

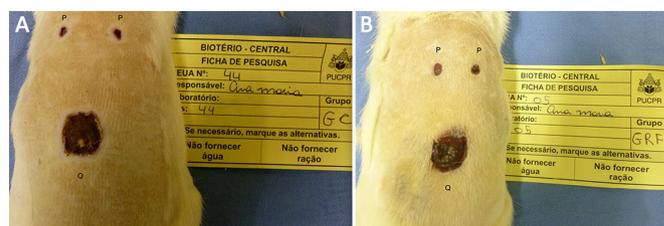


Figura 3. A e B: Exemplo de feridas de *punch* e quadrado representado por P (*punch*) e Q (*quadrado*). Em A, o GC7, e em B, o GR7, não apresentam diferenças macroscópicas.

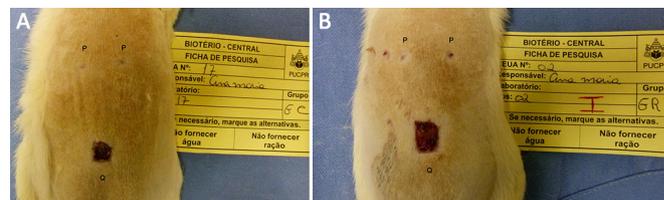


Figura 4. A e B: Exemplo de feridas de *punch* e quadrado representados por P (*punch*) e Q (*quadrado*). Em A, observa-se que no GC14 os *punchs* apresentam-se fechados enquanto em B, no GR14 os *punchs* estão mais abertos. Também é visível que no GR14 o quadrado está maior quando comparado ao quadrado do GC14.

Somente no GR7 na avaliação das células de inflamação crônica houve diferença entre os grupos (GR7 $1,9 \pm 0,7$ vs. GC7 $2,5 \pm 0,5$, $p = 0,05$) (Tabela 2).

No GR14 observou-se um aumento de células de inflamação aguda e para a variável inflamação o GR14 também apresentou um número de células maiores (Tabela 3).

A média da inflamação foi similar nos GR7 e GC7 ($p = 0,3$). E média maior no GR14 em relação ao GC14 ($p = 0,01$).

Na análise da inflamação aguda, o GR7 teve similar número de células em relação ao GC7 ($p = 0,53$) e maior número de neutrófilos no GR14 x GC14 ($p = 0,001$).

A inflamação crônica se manteve igual nos GR7 e GR14 ($p = 0,82$) enquanto no GC7 e GC14 esses elementos celulares da inflamação crônica mostraram moderado número de linfócitos e/ou plasmócitos ($p = 0,22$).

Na proliferação fibroblástica observou-se similaridade entre os grupos GR7 e GC7 ($p = 0,38$). O GR14 e GC14 também foram similares ($p = 0,91$).

Tabela 2. Comparação dos grupos GC7 e GR7 em relação às variáveis de HE, inflamação, inflamação crônica, inflamação aguda, proliferação fibroblástica.

QUADRADO-Q - 7 dias				
Variável	Grupo	N	Média ± dp	Valor de p* (GC x GR)
Q-Inflamação	GC7	10	2,8 ± 0,4	0,381
	GR7	12	2,6 ± 0,5	
Q-Inflamação crônica	GC7	10	2,5 ± 0,5	0,050
	GR7	12	1,9 ± 0,7	
Q-Inflamação aguda	GC7	10	2,0 ± 0,5	0,539
	GR7	12	2,5 ± 1,1	
Q-Proliferação Fibroblástica	GC7	10	2,9 ± 0,3	0,381
	GR7	12	2,7 ± 0,5	
Q-Reparação	GC7	10	1,5 ± 0,7	0,872
	GR7	12	1,6 ± 1,0	

* teste estatístico t de Student; $p < 0,05$.

GC7: Grupo Controle 7; GR7: Grupo Radiofrequência 7; GC14: Grupo Controle 14; GR14: Grupo Radiofrequência 14.

Tabela 3. Comparação dos grupos GC14 e GR14 em relação às variáveis de HE, inflamação, inflamação crônica, inflamação aguda, proliferação fibroblástica.

QUADRADO-Q - 14 dias				
Variável	Grupo	N	Média ± dp	Valor de p* (GC x GR)
Q-Inflamação	GC14	11	2,4 ± 0,5	0,010
	GR14	10	3,2 ± 0,6	
Q-Inflamação crônica	GC14	11	2,2 ± 0,4	0,349
	GR14	10	1,9 ± 0,6	
Q-Inflamação aguda	GC14	11	1,5 ± 0,9	0,001
	GR14	10	3,2 ± 0,9	
Q-Proliferação fibroblástica	GC14	11	2,5 ± 0,5	0,918
	GR14	10	2,4 ± 0,8	
Q-Reparação	GC14	11	2,4 ± 1,3	0,061
	GR14	10	1,3 ± 0,7	

* teste estatístico t de Student; $p < 0,05$.

GC7: Grupo Controle 7; GR7: Grupo Radiofrequência 7; GC14: Grupo Controle 14; GR14: Grupo Radiofrequência 14.

A reparação apresentou macrófagos em pequeno número e foi similar nos GR7 e GC7 ($p = 0,87$), porém o GR14 foi menor quando comparado ao GC14 ($p = 0,06$) (Figura 5).

DISCUSSÃO

Apesar de muitas espécies mamíferas simularem a cicatrização humana, nenhuma realmente se iguala. Na pele de rato não há definição entre derme papilar e derme reticular. Este animal não forma cicatrizes hipertróficas ou queloides, possui a derme mais espessa e não apresenta tecido gorduroso subcutâneo nem

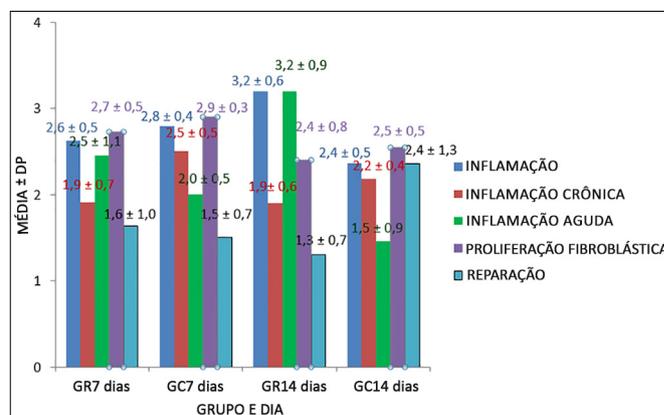


Figura 5. Comparação das análises feitas pelo HE em relação à inflamação, inflamação crônica, inflamação aguda, proliferação fibroblástica e reparação nos grupos controle (GC) e grupo radiofrequência (GR) no 7º dia da eutanásia e no 14º dia da eutanásia.

tela muscular subcutânea. Os vasos sanguíneos são subdérmicos e apresentam as mesmas modificações de perfusão de macro e microvascularização.

No presente estudo, a radiofrequência monopolar foi escolhida por ter excelente resultados no tratamento de flacidez de pele, aumento de fibroblastos e colágeno, os quais tem grande influência na cicatrização⁴.

Entretanto, o aparelho de radiofrequência foi desenvolvido para ser utilizado em humanos. O tamanho da sua manopla de aplicação e, principalmente, o tamanho da placa condutora de corrente, são fatores relevantes que podem ter influenciado nos resultados^{4,5}.

Na comparação dos grupos GC7 e GR7 em relação às avaliações da contração da ferida na área nos momentos cirurgia, 1 dia, 3 dia e eutanásia, foi encontrado no dia 3 uma área menor do GC7 em relação ao GR7, demonstrando, assim, diferença significativa de $p = 0,009$.

Quando comparada a área no dia da eutanásia do GC14 e GR14 foi encontrada uma área menor no GC14 em relação ao GR14, apresentando diferença significativa de $p = 0,001$, mostrando que macroscopicamente na cicatrização de feridas cutâneas a radiofrequência prolongou o processo inflamatório e impediu que a ferida contraísse e fechasse nos grupos nos quais a radiofrequência foi aplicada.

Na análise macroscópica do *punch*, na qual foi observada se houve ou não reepitelização da ferida, no GC7 30% foram reepitelizadas enquanto somente 8,34% fecharam no GR7; 90,91% das feridas no GC14 fecharam, enquanto 60% fecharam no GR14, mostrando a possível influência que a radiofrequência teve sobre a reepitelização das feridas.

A avaliação histológica do processo cicatricial foi realizada com coloração pela Hematoxilina-Eosina por ser uma técnica simples e adequada para quantificar e identificar os elementos celulares nas fases inflamatória, proliferativa e de remodelamento do

processo cicatricial. A reação inflamatória é importante para a cicatrização, mas é um fator nocivo se for intensa, pelo comprometimento da microcirculação local e da proliferação de fibroblastos⁶.

Correlacionando a contração da ferida com o HE, observou-se que a ferida não cicatrizou completamente se manteve ulcerada no GR14. No 14º PO apresentou número maior de células de componente inflamatório celular e elementos celulares da inflamação aguda: neutrófilo sem relação ao grupo controle.

No GR7 as células de inflamação crônica mostram-se diminuídas supostamente devido ao agente agressor, possivelmente a radiofrequência, mostrando que a influência do calor faz com que haja tentativas de cura pela substituição do tecido danificado por tecido conjuntivo⁷.

A inflamação apresenta-se similar nos GC7 e GR7, que é o esperado pelo tempo de reparo. Já no GC14 observa-se atenuação da inflamação no 14º PO, enquanto no GR14 houve persistência do processo inflamatório. Esses achados sugerem que a radiofrequência aumenta a vasodilatação, o calor e o edema, aumentando assim o processo inflamatório por mais tempo e prejudicando na reparação. Borges et al.⁸ e Carvalho et al.³ afirmam que por ação dos agentes quimiotáticos a fase inflamatória termina após sete dias, entretanto o aumento de vasos é notado na região.

A inflamação crônica esteve presente no GC14 e GR14, similar à literatura, tendo em vista que a inflamação crônica tem duração prolongada e pode durar semanas ou meses⁷.

Nos resultados foi encontrado no GR14, na análise de HE, que há aumento de células de inflamação aguda. Segundo Abbas et al.⁷, não deveria ocorrer nessa fase, pois a inflamação aguda é uma resposta que serve para levar leucócitos e proteínas do plasma para o local injuriado.

Visto que a inflamação só tem seu fim quando o agente agressor é eliminado, esses achados sugerem que a influência da radiofrequência nesse grupo foi prolongar o processo inflamatório. A resposta inflamatória é ligada ao processo de reparo, ao mesmo tempo que ela destrói, dilui e retira os agentes injuriantes, ela tenta curar o tecido danificado. O reparo tem início durante a inflamação, mas termina usualmente depois que a influência injuriante que no caso pode ter causada pela radiofrequência tenha sido cessada.

No estudo de Choi et al.⁹, no qual foram realizadas sessões de radiofrequência em coelhos, foram encontradas, na análise histológica, reações inflamatórias mais proeminentes com crescimento celular inflamatório interno, associadas com inflamação aguda comparado com o grupo controle. Esse efeito mostrou mais destaque com a evolução, apresentando

mudanças nanoestruturais em fibrilas de colágeno dérmico.

De acordo com os resultados do estudo de Carvalho et al.³, no qual foram analisados os efeitos da aplicação de três sessões de radiofrequência em dias alternados, na pele de 20 ratos; sete dias após as aplicações, o colágeno sofreu alterações tornando-se mais denso, com presença de neocolagêneses. Após 15 dias, não ocorreu mais importante formação neocolágena, porém, a neoanlastogênese estava presente no 15º e 21º dia.

Foi observado um processo inflamatório intenso, com a presença de desgarramento epitelial e áreas edematosas após 24 horas da aplicação de RF, resultados semelhantes aos de Brown & Almeida¹⁰, o que sugere que a RF gera inflamação no tecido aplicado como a formação de edema, aumento da vascularização do fluxo sanguíneo, podendo gerar o aparecimento de hemorragias, e a estimulação de fibroblastos^{3,10}. Achados similares também foram encontrados nesse trabalho.

Nos estudos de Carvalho et al.³ foi possível concluir, em relação aos efeitos da radiofrequência no tecido colágeno, que três aplicações utilizando temperatura de 37 graus por dois minutos no dorso de ratos Wistar resultaram na neocolagênese nas análises que correspondiam aos sacrifícios em 24 horas e sete dias após a última aplicação. Nos grupos com sacrifício em 15 e 21 dias não foi possível encontrar mudanças no tecido colágeno, bem como presença de neocolagênese. Entretanto, após a investigação de possíveis alterações em fibras elásticas, evidenciou-se a neoelastogênese.

Foram encontrados na literatura estudos semelhantes, porém com a utilização de outros equipamentos como a influência da cicatrização induzida pelo laser em ratos. O calor pode alterar o processo de regeneração da cicatriz, que por muitas vezes é um processo complexo e imprevisível, e não é raro ver o desenvolvimento do processo cicatricial apresentar cicatrizes hipertróficas ou queloides.

No estudo de Mordon et al.¹¹ o laser foi aplicado imediatamente após a suturada incisão (T) na mama com uma fluência de 110 J/cm². Este estudo mostrou diminuição acentuada do colágeno tipo I e fibronectina em cicatrizes tratadas por laser, enquanto houve decréscimo do colágeno do tipo III, tendo em vista que o processo de cicatrização patológica é associada a alta taxa de colágeno tipo I e tipo III, enquanto que um valor baixo conduz um processo de regeneração.

Segundo Brown & Almeida¹⁰, a radiofrequência causa uma série de eventos inflamatórios no tecido, destacando-se aumento da vascularização, do fluxo sanguíneo, edema e podendo causar o surgimento de hemorragias e a estimulação de fibroblastos. Isso corrobora com a afirmação de Del Pino et al.¹² de que a radiofrequência aumenta a temperatura nas camadas

mais profundas da derme, originando alterações morfológicas como aumento de fibroblastos e da vascularização.

Abercrombie et al. *apud* Yaguishita¹³ estudaram a contração e a colagenização fisiológica de ratos em lesões no dorso lombar de forma quadrangular são os mecanismos de maior importância de reparação tecidual nesses animais. A contração iniciava no 5º PO e terminava 10 dias depois, enquanto que a fibrose tinha seu início no 5º dia e continuava após a contração ter terminado e as fibras de colágeno apareciam depois de 25 dias do experimento.

Por conseguinte, os efeitos da radiofrequência no processo de contração e cicatrização, num aspecto geral, mostraram-se ruins para a utilização num período inicial de pós-operatório, porém os dados do presente estudo sugerem o efeito do aumento de fibroblastos no processo de proliferação fibroblástica, embora valores poucos significativos, encorajando novas pesquisas que avaliem a formação e quantidade de colágeno.

Perspectivas apontam para uma aplicação da radiofrequência mais tardia no pós-operatório de cicatrização cutânea a fim de observar os resultados em outra fase da cicatrização, corroborando com Agne¹⁴, citado no estudo de Moreira & Giusti¹⁵, que os efeitos da radiofrequência permanecem de 1 a 4 meses após a aplicação. Outra observação é para a redução da dose da radiofrequência.

Novos estudos com outros tipos de animais que tenham maior semelhança com o tecido humano devem ser realizados, buscando achados diferentes, quanto à dosimetria da radiofrequência, temperatura utilizada, número de sessões e a contagem do número de células de colágeno.

CONCLUSÃO

Em relação aos efeitos da radiofrequência, foi possível concluir que após três aplicações de radiofrequência em dias alternados utilizado temperatura de 38º no dorso de ratos Wistar as feridas tratadas com radiofrequência mostraram retardo da contração das feridas excepcionais e prolongamento do tempo do processo inflamatório agudo, que foi mantido por maior tempo que o fisiológico. Especula-se que a radiofrequência interferiu negativamente no processo de cicatrização por excesso de lesão térmica.

COLABORAÇÕES

- AMCC** Análise e/ou interpretação dos dados; análise estatística; concepção e desenho do estudo; realização das operações e/ou experimentos; redação do manuscrito ou revisão crítica de seu conteúdo.
- ACC** Redação do manuscrito ou revisão crítica de seu conteúdo.
- GFDE** Realização das operações e/ou experimentos.
- PB** Realização das operações e/ou experimentos.

REFERÊNCIAS

1. Guirro E, Guirro R. Fisioterapia Dermato-Funcional: fundamentos recursos e patologias. 3a ed. São Paulo: Manole; 2007.
2. Atiyeh BS, Dibo SA. Nonsurgical nonablative treatment of aging skin: radiofrequency technologies between aggressive marketing and evidence-based efficacy. *Aesthetic Plast Surg.* 2009;33(3):283-94.
3. Carvalho GF, Silva RMV, Mesquita Filho JJT, Meyer PF, Ronzio AO, Medeiros JO, et al. Avaliação dos efeitos da radiofrequência no tecido conjuntivo. *Arq Med.* 2011;11(68):10-25.
4. Santos MFS, Czezko NG, Nassif PAN, Ribas-Filho JM, Alencar BLE, Malafaia O, et al. Avaliação do uso do extrato bruto de *Jatropha gossypifolia* L. na cicatrização de feridas cutâneas em ratos. *Acta Cir Bras.* 2006;21(suppl.3):2-7.
5. Bettes PSL. Análise comparativa histológica e tensiométrica entre a cicatrização de feridas cutâneas tratadas com o adesivoocil-2-cianoacrilato e com sutura intradérmica em ratos [Tese doutorado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2003.
6. Gomes CS, Campos ACL, Torres OJM, Vasconcelos PRL, Moreira ATR, Tenório SB, et al. Efeito do extrato de *Passiflora edulis* na cicatrização da parede abdominal de ratos: estudo morfológico e tensiométrico. *Acta Cir Bras.* 2006;21(suppl.2):9-16.
7. Abbas K, Kumar V, Fausto N. Robbins I & Cotran R - Patologia - Bases Patológicas das Doenças. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010.
8. Borges FS. Modalidades terapêuticas nas disfunções estéticas. São Paulo: Phorte; 2010.
9. Choi S, Cheong Y, Shin JH, Lee HJ, Lee GJ, Choi SK, et al. Short-term nanostructural effects of high radiofrequency treatment on the skin tissues of rabbits. *Lasers Med Sci.* 2012;27(5):923-33.
10. Brown A, Almeida G. Novel radiofrequency device for cellulite & body reshaping therapy. *Alma Laser* 2005 [citado 2014 Ago 30]. Disponível em: http://www.almalasers.com/sites/default/files/downloads/Novel_RF_Device_WP.pdf
11. Mordon S, Capon A, Fournier N, Iarmarcovai G. Lasers thermiques et cicatrization cutanée. *Med Sci (Paris).* 2010;26(1):89-94.
12. Emilia del Pino M, Rosado RH, Azuela A, Graciela Guzmán M, Argüelles D, Rodríguez C, et al. Effect of controlled volumetric tissue heating with radiofrequency on cellulite and the subcutaneous tissue of the buttocks and thighs. *J Drugs Dermatol.* 2006;5(8):714-22.
13. Yaguishita N. Cicatrização induzida pela membrana de celulose porosa (Membracel®) em dorso de ratos [Dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2006.
14. Agne JE. Eu sei eletroterapia. 2a ed. Santa Maria: Pallotti; 2009.
15. Moreira JAR, Giusti HHK. A fisioterapia dermatofuncional no tratamento de estrias: revisão de literatura. *Rev Cient Uniararas.* 2013;1(2):22-32.

*Autor correspondente:

Ana Maria Cardoso Cepeda

Rua Marechal José Bernardino Bormann, 1508, apt 103 - Bigorriho - Curitiba, PR, Brasil
CEP 80730-350

E-mail: anamariacepeda@hotmail.com