

## Corrente direta na viabilidade de retalho cutâneo randômico em ratos

### *The direct current on the viability of random skin flap in rats*

Cristina Helena Branco\*  
Pedro Rizzi de Oliveira\*  
Ivaldo Esteves Junior\*\*  
Richard Eloin Liebano\*\*\*  
Cristiano Baldan\*\*\*\*  
Alexandre Cavallieri Gomes\*\*\*\*\*

#### Resumo

**Introdução** – A preocupação com a viabilidade de retalhos cutâneos, tem sido motivo de várias pesquisas na cirurgia plástica. O presente trabalho teve o objetivo de verificar em ratos a viabilidade de retalhos cutâneos randômicos submetidos a eletroestimulação por corrente direta. **Métodos** – Foram utilizados 45 ratos adultos e machos da linhagem Wistar divididos em três grupos: o Grupo 1 não recebeu tratamento, o Grupo 2 foi tratado com o pólo positivo, e o Grupo 3 com o pólo negativo. **Resultados** – O Grupo 1 apresentou uma área de necrose de 47,87%, o Grupo 2 apresentou uma área de necrose de 51,49 % e o Grupo 3 uma área de 39,22 %. **Conclusão** – Apesar do experimento mostrar ineficácia na utilização da corrente direta na melhora dos retalhos cutâneos, foi observada uma diferença significativa na área de necrose com o tratamento com pólos diferentes.

Palavras-chave: Estimulação elétrica – Ratos Wistar – Retalhos cirúrgicos

#### Abstract

**Introduction** – The worry with the viability of skin flaps have been interest of many studies in plastic surgery. This subject has the objective to observe in rats the viability in skin flaps treated with direct current above electric stimulation. **Methods** – In this study it was used 45 male adults rats (Wistar), divided in three groups: the Group 1 didn't receive any treatment, the Group 2 was treated with the positive pole and the group 3 with the negative pole. **Results** – The Group 1 presented a necrotic area of 47,87%, the Group 2 presented an area of 51,49 %, and the Group 3 an area of 39,22%. **Conclusion** – Although this experiment seems to show insignificant results in the utilization of direct current in skin flaps, it was observed a significant difference in necrotic areas with the treatment with different poles.

Key words: Electric stimulation – Rats, Wistar – Surgical flaps

#### Introdução

A preocupação com a viabilidade de retalhos cutâneos tem sido motivo de várias pesquisas na cirurgia plástica<sup>9,23</sup>.

Retalho é uma porção de tecido transferida de uma região anatômica para outra, em que a vascularização do tecido é mantida por vasos nutrientes no interior do pedículo. São úteis para o fechamento de defeitos amplos demais para a correção primária e em circunstâncias em que o enxerto cutâneo é inadequado. A insuficiência venosa e arterial, a inabilidade para formar um coágulo sangüíneo, reação inflamatória inadequada, contaminação operatória, falta de produção de células reparadoras, trombose dos vasos, deterioração

do leito e das bordas dos retalhos, são alguns dos fatores que podem levar à inviabilidade do retalho cutâneo<sup>2,9,23</sup>.

Além da irrigação deficiente sob o ponto de vista anatômico, a falta de nutrientes e infecção, a viabilidade do retalho pode ser comprometida por outros fatores patológicos de ordem geral, tais como hipotensão arterial, arteriosclerose, desnutrição grave, idade avançada e doença vascular periférica<sup>37</sup>. Considerando a importância da boa irrigação, foram desenvolvidos estudos clínicos e experimentais que têm como objetivo aumentar o aporte sangüíneo<sup>21,22</sup>.

Foram utilizadas técnicas como o laser de baixa intensidade, drogas vasodilatadoras, bloqueadoras de canais de Cálcio, eletroacupuntura, acupuntura, iontofo-

\* Acadêmica de Fisioterapia da Universidade Paulista (UNIP). E-mail: cbranco@telefonica.com.br

\*\* Mestre em Ciências Básicas pelo Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (UNIFESP-EPM). Professor e Coordenador do Curso de Fisioterapia da UNIP.

\*\*\* Doutor em Ciências Básicas pelo Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora UNIFESP-EPM. Professor do Curso de Fisioterapia da UNIP.

\*\*\*\* Especialista em Reabilitação Motora pela Irmandade de Misericórdia da Santa Casa de São Paulo. Professor do Curso de Fisioterapia da UNIP.

\*\*\*\*\* Mestre em Fisioterapia pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR).

rese, estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS), e ultra-som<sup>9,13,23,36</sup>.

Os efeitos circulatórios gerados por estimulação elétrica são explicados por duas hipóteses: inibição de fibras simpáticas vasoconstritoras e a liberação de alguns neuropeptídeos como substância P e CGRP (Peptídeo Relacionado ao Gene da Calcitonina) que se localizam nas terminações nervosas das fibras C<sup>9,13,23</sup>.

A corrente Galvânica (corrente direta) que é uma corrente elétrica contínua e unidirecional foi uma das primeiras a serem utilizadas com finalidade terapêutica<sup>9</sup>. Esteve em desuso por ser uma corrente muito incômoda e, se utilizada por longo período, pode causar queimaduras químicas. Seu uso como meio de administração de substâncias (iontoforese) está ascendente, uma vez que a substância é aplicada de forma local sem os efeitos sistêmicos e colaterais indesejáveis.

A intensidade utilizada para este fim é muito baixa e o tempo de aplicação é curto não gerando desconforto ou queimaduras<sup>9</sup>.

Muitos estudos sobre os efeitos circulatórios decorrentes do uso dessa corrente já foram realizados, porém com parâmetros muitas vezes não mencionados como o tempo de tratamento, a intensidade e a colocação dos eletrodos<sup>26,31</sup>. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da corrente direta na viabilidade do retalho randômico em ratos.

## Métodos

Utilizou-se 45 ratos (*Rattus norvegicus*: var. *Albinus*, *Rodentia*, *Mammalia*) adultos e machos como cobaia, da linhagem Wistar, cedidos pela Universidade Paulista. Foram mantidos em gaiolas individuais e receberam ração comercial e água *ad libitum*. O peso variou entre 343 e 380 g não havendo diferença estatisticamente significante entre os animais. Eles foram distribuídos ao acaso em três grupos de 15 ratos da seguinte maneira:

Grupo 1 – Grupo controle com a realização da operação e a simulação da aplicação da corrente, sem a passagem da mesma.

Grupo 2 – Grupo experimental com a realização da operação e aplicação da corrente com o eletrodo de pólo positivo na base do retalho, com interposição de gaze com solução fisiológica no dia da operação e nos dois dias subseqüentes a ela.

Grupo 3 – Grupo experimental com a realização da operação e aplicação da corrente com o eletrodo de pólo negativo na base do retalho, com interposição de gaze embebida em solução fisiológica no dia da operação e nos dois dias subseqüentes a ela.

Utilizou-se o eletroestimulador marca CARCI® modelo EGF, com eletrodos de 3,0 x 5,0 cm e cintas elásticas para fixação dos eletrodos.

Estes foram posicionados sobre gazes embebidas de solução fisiológica, e foi utilizada a corrente direta com 4 mA por 20 minutos, totalizando uma dose de 80

mA/minutos.

Os animais foram anestesiados, com injeção intraperitoneal de Cloridrato de Tiletamina (25 mg/kg) e Cloridrato de Zolazepan (25 mg/kg) durante o ato operatório e durante as sessões de tratamento. Logo após a anestesia foi feita a tricotomia digital. Os retalhos cutâneos foram realizados com medidas de 10 cm no comprimento por 4 cm de largura a partir das escápulas dos animais e ao longo do dorso.

Seguindo modelos experimentais<sup>9,23</sup> os retalhos continham fáscia superficial, panículo carnoso, tecido subcutâneo e pele. Elevados os retalhos, uma barreira plástica (filme F1) de mesma medida do retalho foi colocada no espaço entre o leito doador e o retalho em si. Finalizado o procedimento operatório a sutura foi feita com ponto simples de náilon monofilamentar 4-0 com a distância de 1 cm entre ele<sup>9,23-24</sup>.

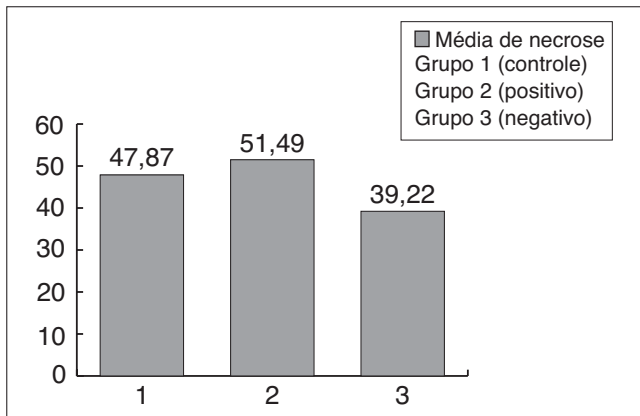
Para a mensuração da área necrótica, os ratos foram sacrificados por inalação com éter no 7º dia, após a operação e foi utilizada a técnica do gabarito de papel<sup>33</sup>. Um papel vegetal foi posicionado sobre o retalho cutâneo randômico e decalcada a área necrótica, caracterizada por pele rígida, seca e fria, e a área viável com tecido rosado macio e quente. Após esse procedimento os retalhos desenhados no papel vegetal foram recortados e aferidos numa balança de precisão (erro de  $\pm 0,001g$ ). A área necrótica demarcada no papel foi recortada e aferida na mesma balança. Dividindo o peso do retalho total pelo peso da parte necrótica e multiplicando esse resultado por 100, obteve-se a porcentagem da necrose de pele de cada rato<sup>33</sup>.

## Resultados

Os resultados encontram-se dispostos a seguir:

**Tabela 1. Valores de necrose no 7º dia do pós-operatório (%)**

Animal	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1	45,01	34,34	48,29
2	41,13	53,76	14,2
3	50,8	49,11	45,8
4	44,02	50,72	53,35
5	42,14	48,55	45,42
6	54,92	51,87	48
7	26,52	53,94	41,02
8	46,93	57,22	45,84
9	46,43	63,89	39,2
10	61,65	65,56	28,04
11	56,5	55,75	27
12	58,54	49,65	43,77
13	50	54,67	28,07
14	37,72	39,28	42,49
15	55,8	44,05	37,9
Média de necrose	47,87	51,49	39,22



**Figura 1. Média das porcentagens de necrose do retalho nos diferentes grupos**

A análise estatística aplicada foi de Kruskal-Wallis, com teste de comparação dupla de Dunn. O resultado obtido foi:

Controle x Pólo Positivo ( $p > 0,05$ ) não significativa

Controle x Pólo Negativo ( $p > 0,05$ ) não significativa

Pólo Positivo x Pólo Negativo ( $p < 0,01^{**}$ ) significativa

## Discussão

Os problemas referentes à viabilidade de retalhos são difíceis de serem contornados, pois o cuidado dessas lesões é demorado e de custo elevado. Os constantes fracassos levaram vários pesquisadores a desenvolver várias terapias, algumas com mérito científico e outras que parecem verdadeiros "tônicos da Medicina".

Becker e Murray<sup>2</sup> (1967) observaram que os tecidos lesados são inicialmente positivos e que esta polaridade positiva dispara o início do processo de regeneração. Essa teoria da "corrente da lesão" sustenta o fato de que a polaridade positiva é transitória, e que após o processo de cura da lesão a polaridade volta a ser negativa. Uma dúvida que ainda precisa ser respondida de modo inequívoco é se essa atividade elétrica é consequência dos processos metabólicos e fisiológicos locais ou se atua como um mecanismo iniciador e controlador para o processo de reparação<sup>37</sup>.

Gentzkow e Miller<sup>12</sup> (1991) sugeriram que a cascata de eventos que ocorrem durante e após as fases inflamatória e proliferativa da regeneração podem ser iniciadas ou interrompidas com a estimulação elétrica externa.

A interpretação das respostas das células a estes campos foi impedida pela incorreta descrição da técnica, dos parâmetros, colocação dos eletrodos, e contaminação provocada pelo próprio experimento<sup>32</sup>. Jaffe e Venable<sup>19</sup> (1977) fizeram uma revisão da literatura e iniciaram pesquisa em laboratórios aplicando campos elétricos em células embrionárias isoladas. O mecanismo do comportamento não foi esclarecido, mas notaram que a eletroterapia provoca respostas chamadas de galvanotáticas e galvanotrópicas. A cultura de tecidos como macrófagos, leucócitos, neutrófilos, mioblastos, fibroblastos, proteínas e DNA, e células epiteliais, após tra-

tamento elétrico dirigiram-se para o eletrodo negativo<sup>3,8</sup>. Patel e Poo<sup>27</sup> (1982) descreveram o direcionamento das células nervosas para o cátodo com um afastamento em relação ao ânodo e os possíveis mecanismos pelos quais as células podem se dirigir para pequenos campos. Finalmente, consideraram as respostas fisiológicas de atração e repulsão aos canais de cálcio e a distribuição de íons pela eletroforese e eletroosmose. Na literatura contemporânea encontram-se trabalhos clínicos e relato de casos que não permitem avaliação comparativa e estatística, da utilização de pólos positivo e negativo<sup>38</sup>. Assim sendo, neste trabalho, procurou-se observar o comportamento dos pólos positivo e negativo na viabilidade cutânea, e sua real aplicabilidade nos processos de regeneração. Evidências em vários artigos publicados<sup>9</sup> apóiam a teoria do papel iniciador e controlador da atividade elétrica endógena associada a campos elétricos exógenos bem como a reversão da polaridade para facilitar a regeneração dos tecidos (osso, nervo e pele). Neste experimento, não foi feita a reversão, pois o objetivo foi de observar o comportamento dos pólos. Os resultados destas pesquisas e artigos variam com o tipo de tecido e estímulo aplicado, mas em todos eles houve uma alta proporção de melhora significativa de regeneração dos tecidos. Se os tecidos são eletricamente ativos e que após uma lesão o comportamento bioelétrico pode ser modificado com a eletroestimulação polarizada, este estudo foi desenvolvido para observar o comportamento tecidual. As evidências sugerem que para aumentar o fluxo sanguíneo arterial para uma área estimulada é necessário que esteja no nível motor e que abaixo deste, nível subsensitivo e sensitivo, a alteração se dá após um tratamento longo por várias horas e dias<sup>23</sup>. Mesmo sabendo que a corrente direta utilizada neste experimento, só atingiria o nível sensitivo achou-se interessante observar o comportamento dos pólos, mesmo por um período curto de três dias por 20 minutos de tratamento.

Embora se saiba que a pele do porco é a que mais se assemelha à pele humana, a escolha do rato foi devido à facilidade na obtenção, manuseio e custo. O retalho cutâneo dorsal no rato de base cranial foi proposto por McFarlane *et al.*<sup>24</sup> (1965) como modelo experimental para se estudar a necrose e prevenção da mesma. A dimensão de 10 centímetros de comprimento e 4 centímetros de largura deste retalho apresenta uma porcentagem de necrose entre 25 a 50% em sua porção distal, sendo que em 5,7% dos casos não é observada uma necrose significativa. Para se tentar obter condições mais uniformes de necrose, neste modelo, foi interposto um filme plástico, com as mesmas dimensões do retalho, colocado entre o retalho e seu leito a fim de impedir a revascularização através de vasos do leito, observando-se assim uma necrose significativa<sup>9,23</sup>. Outros modelos de retalhos foram descritos. Asai *et al.*<sup>1</sup> (1997) utilizaram retalho cutâneo dorsal, de base caudal, de 2 x 7 cm, sem interposição de barreira plástica, e seus resultados mostram área de necrose, do grupo controle, em 50%. Jansen *et al.*<sup>20</sup> (1999) realizaram retalho semelhante a este, porém de base cranial, onde é observada área de necrose de 40%. Logo, estes modelos de reta-

lho cutâneo randômico apresentam área de necrose semelhante ao realizado neste estudo, sendo que se optou pelo primeiro, pois este modelo experimental tem sido utilizado dentro da Linha de Pesquisa de Transplantes do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (UNIFESP – EPM)<sup>9,23</sup>.

O método do gabarito de papel descrito por Sasaki e Pang<sup>33</sup> (1980) foi utilizado para se avaliar a porcentagem da área de necrose no 7º dia de pós-operatório, principalmente por expressar confiabilidade com erro menor que 5%.

Neste estudo procurou-se verificar se a utilização da corrente direta apenas com solução fisiológica teria melhora na viabilidade dos retalhos e se haveria diferença entre os pólos positivo e negativo.

Acredita-se que a utilização do cátodo na fase de inflamação possibilita a vasodilatação, aumento da permeabilidade, aumento da excitabilidade (aumento da liberação da substância P e CGRP) e a diminuição da possibilidade do surgimento de infecções e ressecamento. Segundo Erickson e Nuccitelli<sup>9</sup> (1984) os tecidos possuem eletropotenciais de corrente direta que regulam, em parte, o processo de cicatrização, portanto em seguida à lesão do tecido é gerada uma corrente que dispara o reparo biológico. Portanto foram demonstrados que estímulos elétricos externos melhoram a cicatrização em seres humanos e animais<sup>6,37</sup>. Na fase aguda da inflamação a resposta humoral fica facilitada com a eletroestimulação através da vasodilatação que garante a migração de mediadores químicos como a histamina, bradicinina, serotonina, bem como a resposta celular de neutrófilos, macrófagos, monócitos<sup>12</sup>. Outro fator importante é observar que em casos onde a ferida se desidrate o processo de reparação é prejudicado<sup>19</sup>. Observou-se no grupo em que se usou o eletrodo positivo um aumento muito maior área de necrose, que pode ter ocorrido como consequência da vasoconstrição, desidratação e até a coagulação dos tecidos deste retalho, impossibilitando provavelmente o suprimento sanguíneo. Carey e Lepley<sup>5</sup> (1962) verificaram, em coelhos, que sob o pólo positivo foi encontrada uma densa camada de leucócitos e linfócitos, com eritema. Além disso, houve coagulação das proteínas e aminoácidos que foram atraídos para o ânodo, ficando afastadas de sua função normal na fase da inflamação. Existem evidências de que a aplicação do eletrodo positivo nos processos de reparação pode retardar a cicatrização<sup>4</sup>, retardar o crescimento de alguns tumores de camundongos, e reduzir quelóides e cicatrizes hipertróficas<sup>16</sup>.

Feridas de mamíferos regeneram mais lentamente quando estão secas comparadas com condições de umidade, e as pontas de dedos de crianças quando amputados parecem regenerar quando mantidas úmidas<sup>17</sup>.

Pode-se supor que a vasoconstrição causada também poderia ter aumentado a lesão por hipóxia no Grupo 2 e, portanto, inviabilizando ainda mais o retalho e aumentando a área de necrose<sup>5</sup>.

Outro fator importante é a diminuição da excitabilidade nervosa no ânodo (aneletrotônus) como consequência do afastamento das células nervosas<sup>19,27,32</sup>.

Os resultados do crescimento nervoso em mamíferos não foi observado na utilização do ânodo<sup>29</sup>, como também num estudo de corrente direta realizado para padrões de crescimento de neurônios de sapos *in vitro*<sup>15</sup>. Patel e Poo<sup>27</sup> (1982) confirmaram efeitos similares e acrescentaram peso às evidências de que a estimulação com corrente direta tem efeito nas células nervosas.

A melhor escolha do eletrodo observada por vários pesquisadores é de colocar nos primeiros dias de aplicação o cátodo e logo em seguida inverter-se a polaridade.

Não foi possível neste experimento a inversão dos pólos pois o período de sacrifício seria no 7º dia do pós-operatório. Griffin *et al.*<sup>14</sup> (1991) mantiveram o pólo negativo de forma constante e não inverteram a polaridade; verificaram que as feridas não cicatrizaram, mas apresentaram melhora. No entanto a maioria dos autores<sup>6,11,18,28,34,38</sup> recomenda que se use a polaridade negativa nos três primeiros dias e que depois se inverta para positiva e volte novamente para o negativa até que a ferida cicatrize. Geralmente o eletrodo negativo é utilizado quando se quer evitar infecções<sup>6,7,10,11,38</sup>, e o positivo para favorecer o processo proliferativo<sup>5</sup>. A troca de eletrodo possui uma variável que acompanha um platô de regeneração e possivelmente relacionada com os potenciais de bateria da pele<sup>19</sup>. Dessa forma pode ser necessário mudar a polaridade do eletrodo durante o tratamento para atingir um melhor resultado de vascularização.

Este tipo de aplicação foi praticada na maioria dos trabalhos acima citados, mas apesar disso é muito difícil afirmar quanto ao sucesso do tratamento porque a essência das ações se mantém desconhecidas. Experimentos clinicamente controlados realizados em animais e humanos tiveram significativo sucesso e sugerem que as correntes catódicas e anódicas têm efeitos fisiológicos diferentes<sup>11</sup>. Há um ceticismo que se manifesta com frequência, pois muitos ensaios falharam em relatar os parâmetros e usaram um número reduzido de indivíduos. Numa revisão mais crítica, Sheffet *et al.*<sup>35</sup> (2000) sugeriram que seria necessária uma amostra de 164 pacientes para que pudessem ser feitas comparações e pudesse ser dada atenção às variáveis críticas. Variáveis que causam confusão, como a contaminação pelos eletrodos e parâmetros não controlados, poderiam ser responsáveis, em parte, pelos maus resultados. Porém têm sido observadas evidências acumuladas dos efeitos benéficos da estimulação elétrica, seja por correntes diadinâmicas, pulsadas com alta voltagem (HVPC) ou baixa intensidade (LIDC). Os mecanismos exatos ainda continuam sem explicação, mas os resultados clínicos mostram que a intervenção elétrica externa somada à atividade elétrica interna<sup>19,26</sup> tem efeitos significativos na permeabilidade vascular. A utilização dessas correntes tem como base as correntes da lesão e o fenômeno polar. Na aplicação da corrente direta e diadinâmicas a manutenção da polaridade deve ser de curta duração para evitar lesões, e esta foi uma das preocupações deste estudo.

As principais observações da utilização do cátodo, ou seja, no Grupo três, foram: acúmulo de líquido na região do retalho e menor área de necrose quando comparada com os Grupos 1 e 2.

Apesar de Reed<sup>30</sup> (1988) referir que o cátodo resolve o edema, não se obteve neste trabalho este resultado, provavelmente pela presença do filme de plástico desfavorecendo a absorção do exudato. A redução do edema sob o pólo negativo é atribuída ao fenômeno da cataforesse que é o movimento de células sangüíneas, proteínas e moléculas como a albumina, carregadas negativamente. As moléculas são repelidas pela polaridade negativa e fazem com que o fluido se mova e desse modo reduza o edema.

O retardamento da cicatrização se deveria justamente ao excesso de líquido encontrado sob o pólo negativo, conseqüente à vasodilatação.

A menor área de necrose observada nos animais do Grupo 3 foi provavelmente devida ao aumento do potencial de sobrevivência vascular. Se o cátodo é um agente vasodilatador, a menor área de necrose deve ter sido decorrência efetiva deste fato, comparando-se com o Grupo 2.

O conceito relativo ao efeito do retardamento nas condições da isquemia tecidual de retalhos foi introduzido por McFarlane *et al.*<sup>24</sup> (1965) comprovando a teoria em experimento feito com ratos nos quais obtiveram proteção de viabilidade, pela técnica designada "teoria do retardamento". Milton<sup>25</sup> (1972) mostrou que diminuindo o aporte de nutrientes para retalhos pediculados, por um certo período, a tolerância à isquemia era muito menor que os retalhos recentemente praticados e suturados. Este fato foi correlacionado com a "teoria do retardamento" indicando que tal técnica tornaria os retalhos mais tolerantes à isquemia. Embora a efetividade da manobra fosse um fato para o qual o mecanismo não tenha sido bem definido, a teoria foi aceita por outros pesquisadores<sup>31,36</sup> segundo a qual o retardamento na implantação do retalho deve possibilitar o aumento do su-

primento sangüíneo. Estudos angiográficos<sup>25</sup> não provaram, mas indicaram, que este retardamento induz a uma melhor circulação pelo brotamento arterial e dilatação venosa. Experiências em porcos e cães<sup>31,36</sup> mostraram que a técnica de retardamento produz aumento da circulação em dois ou três dias e que o máximo efeito se faz em 8 a 10 dias; em ratos, o máximo benefício ocorre em 6 a 30 semanas após o que este efeito é reduzido<sup>36</sup>. A explicação do efeito da técnica de retardamento foi explicado por Milton<sup>25</sup> (1972), segundo o qual a vasodilatação seria causada pela simpatectomia que ocorreria em virtude das incisões. Reinisch e Myers<sup>31</sup> (1974) comprovaram esta teoria demonstrando em retalhos aberturas de "shunts" arteriovenosos como conseqüência da simpatectomia. Acrescentou ainda que, em seqüência, através da presença de catecolaminas, iniciar-se-ia o fechamento destes "shunts", aumentando a perfusão capilar e sobrevivência do tecido.

Segundo Reinich e Myers<sup>31</sup> (1974) os fatores estimulantes para promover a vasodilatação são a simpatectomia, isquemia e inflamação. Toomey *et al.*<sup>36</sup> (1979) utilizando vários vasodilatadores em retalhos cutâneos feitos em ratos observaram a melhora da sua sobrevivência quando comparada com o grupo no qual o retalho não foi tratado.

Com base nas experiências referidas, procurou-se observar neste trabalho se a corrente direta poderia ser usada como um gatilho para estimular um evento químico ou até mesmo uma cascata de eventos naturais que seriam favorecidos pela alteração dos pólos da corrente direta, interferindo na viabilidade do retalho.

## Conclusão

Nas condições do presente trabalho a corrente contínua aplicada nos retalhos cutâneos randômicos, em ratos, não é eficaz em aumentar a área de viabilidade.

O tratamento com o cátodo é que determinou menor área de necrose em relação ao tratamento com o ânodo.

## Referências

1. Asai S, Fukuta K, Torii S. Topical administration of Prostaglandin E1 with iontophoresis for skin flap viability. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 514-7.
2. Becker RO, Murray DG. A method for producing cellular differentiation by means of very small electrical currents. 1967. *Ann NY Acad Sci* 29; 606-15.
3. Bourguignon G, Bourguignon L. Electric stimulation of protein and DNA synthesis in human fibroblasts. *Faseb J* 1987; 398-402.
4. Brown M, Madonnell MK, Menton DN. Electrical stimulation effects on cutaneous wound healing in rabbits. *Phys Ther* 1988; 68:955-60.
5. Carey LC, Lepley D. Effect of continuous direct electrical current on healing wounds. *Surg Forum* 1962; 13: 33-5.
6. Carley PJ. Electrotherapy for acceleration of wound healing: Low intensity direct current. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 443-6.

7. Chu CS, Malyivich AT, Mason AD Jr, Pruitt BA. Direct current reduces wound edema after full-thickness burn injury in rats. *J Trauma* 1996; 40(5): 738-42.
8. Erickson CA, Nuccitelli R. Embryonic fibroblast motility and orientation can be influenced by physiological electrical fields. *J Cell Biol* 1984; 98: 296-307.
9. Esteves Jr I. *CGRP por iontoforese para viabilidade de retalhos cutâneos randômicos em ratos.* [tese] São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 2003.
10. Feedar JA, Kloth LC, Gengtzkow GD. Chronic dermal ulcer healing enhanced with monophasic pulsed electrical stimulation. *Phys Ther* 1991; 71: 639-49.
11. Gault WR, Gatens PF Use of low intensity direct current in management of ischemic skin ulcers. *Phys Ther* 1976; 56: 256-68.
12. Gentzhow GD, Miller KH. Electric stimulation for dermal wound healing. *Clin Pediat Med Surg* 1991;8 (4):827-41.
13. Gherardini G, Lundeberg T, Cui J, Eriksson SV, Trubek S, Linderöth B. Spinal cord stimulation improves survival in ischemic skin flaps: an experimental study of the possible mediation by calcitonin gene-related peptide. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103: 1221-8.
14. Griffin JW, Tooms RE, Mendi RA, Cliff JK, Vander ZR, Elzeky F. Efficacy of HPGV for healing of pressure ulcers in patient with spinal cord injury. *Phys Ther* 1991; 71 (6): 433-42.
15. Hinkle L, McGraig CD, Robinson KR. The direction of growth differentiating neurons and myoblasts from frog embryos in an applied electric field. *J Physiol* 1981; 314: 121-34.
16. Humphrey CE, Seal EH. Biological approach toward tumor regression in mice. *Science* 1959; 130: 388-9.
17. Illingworth CM, Barker AT. Measurement of electrical current emerging during the regeneration of amputated finger tips en children. *Clin Phys Physiol Meas* 1980;1:87-89.
18. Im MJ, Lee WPA, Hoopes JE. Effect of electrical stimulation on survival of skin flaps in pigs. *Phys Ther* 1990; 70: 35-51.
19. Jaffe LF, Vanable JW. Electric fields and wound healing. *Clin Derm* 1984; 2 (3): 34-44.
20. Jansen G, Lundenbergh T, Samuelson EU, Thomas M. Increased survival of ischemic muscle cutaneous flaps in rats after acupuncture. *Acta Physiol Scand* 1999; 135: 555-8.
21. Kerrigan CL. Skin flap failure: pathophysiology. *Plast Reconstr Surg* 1983; 72: 766-77.
22. Kjartansson J, Lunderberg T, Samuelson UE, Dalsgaard J. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) increases survival of ischemic musculocutaneous flaps. *Acta Physiol Scand* 1988; 134: 95-9.
23. Liebano RE, Ferreira LM, Sabino Neto M. Experimental model for transcutaneous electrical nerve stimulation on ischemic random skin flap in rats. *Acta Cir Bras* 2003; 18 (n. spe): 54-9.
24. McFalarne RM, DeYoung G, Henry RA. The design of a pedicle flap in the rat to study necrosis and its prevention. *Plast Reconstr Surg* 1965; 35: 177-82.
25. Milton SH. Experimental studies on island flaps II. Ischemia and delay. *Plast Reconstr Surg* 1972; 49: 444-7.
26. Nannmark U, Buch F, Albrektsson T. Vascular reactions during electrical stimulation. Vital microscopy of the hamster cheek pouch and the rabbit tibia. *Acta Orthop Scand* 1985; 56: 52-6.
27. Patel NB, Poo MM. Orientation of neurite growth by extracellular electric fields. *J Neurosci* 1982; 2(4): 483-96.
28. Politis MJ, Zanakis MF, Miller JE. Enhanced survival of full-thickness skin grafts following the application of DC electrical fields. *Plast Reconstr Surg* 1989; 84(2): 267-72.
29. Pomeranz B. Effects of applied DC fields on sensory nerve sprouting and motor-nerve regeneration in adult rats. *Progr Clin Biol Res* 1986; 210: 251-60.

30. Reed B. Effect of high voltage pulsed electrical stimulation on microvascular permeability to plasma protein. A possible mechanism in minimizing edema. *Phys Ther* 1988; 68(4): 491-5.
31. Reinish JF, Myers MB. Survival of experimental flaps pretreated with low-intensity direct current electrical delay. *Surg Forum* 1974; 25: 522-3.
32. Robinson KR. The responses of cells to electrical fields: A review. *J Cell Biol* 1985; 101: 2023-7.
33. Sasaki GH, Pang CY. Hemodynamics and viability of acute neurovascular island skin flap in rats. *Plast Reconstr Surg* 1980; 65: 152-8.
34. Sawyer PN. Bio electric phenomena and intravascular thrombosis: The first 12 years. *Surgery* 1964; 56(5): 1020-5.
35. Sheffet AA, Cytryn S, Louria DB. Applying electric and electromagnetic energy as adjuvant treatment for pressure ulcers: a critical review. *Ostomy Wound Manage* 2000; 46 (2): 28-44.
36. Tommey J, Conoyer M, Ogura J. Vasodilating agents in argumentation of skin flap survival. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1979; 87:757-62.
37. Weiss DS, Kirsner R, Eaglstein WH. Electrical stimulation and wound healing. *Arch Dermatol* 1990; 126(2): 222-5.
38. Wolcott LE, Wheeler PC, Hardwicke HM, Rowley BA. Accelerated healing of skin ulcers by electrotherapy. *Phys Med Rehabil* 1969; 62: 795-801.

Recebido em 28/10/2004

Aceito em 04/01/2005

