

RICHARD ELOIN LIEBANO

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA
TRANSCUTÂNEA NA VIABILIDADE DO
RETALHO CUTÂNEO RANDÔMICO
ISQUÊMICO EM RATOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de
São Paulo – Escola Paulista de Medicina, para
obtenção do Título de Doutor em Ciências.

**São Paulo
2004**

RICHARD ELOIN LIEBANO

**ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA
TRANSCUTÂNEA NA VIABILIDADE DO
RETALHO CUTÂNEO RANDÔMICO
ISQUÊMICO EM RATOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de
São Paulo – Escola Paulista de Medicina, para
obtenção do Título de Doutor em Ciências.

ORIENTADORA: Profa. Dra. LYDIA MASAKO FERREIRA
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. LUIZ EDUARDO FELIPE ABLA

São Paulo
2004

Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica
Reparadora UNIFESP-EPM

COORDENADORA: Profa. Dra. LYDIA MASA KO FERREIRA

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos pais, **RUI** e **SUELI**, cujos exemplos de dedicação e amor tornaram possível a realização desse sonho.

Aos meus irmãos e companheiros, **RICKSON** e **RIDERSON**, por terem propiciado momentos maravilhosos durante nosso convívio, ajudando-me também sempre nos momentos de dificuldade.

À minha noiva e companheira **RITA**, que soube me amar e compreender nos momentos de minha ausência, enquanto eu perseguia meu ideal.

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a DEUS por ter-me dado forças e saúde não me deixando cair nesta difícil escalada.

À Profa. Dra. LYDIA MASAKO FERREIRA, Professora Titular da Disciplina de Cirurgia Plástica do departamento de Cirurgia da UNIFESP-EPM e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da UNIFESP-EPM, por ter aberto as portas aos profissionais da área da saúde para que pudéssemos contribuir de alguma maneira nesta especialidade.

Ao Prof. Dr. LUIZ EDUARDO FELIPE ABLA, da Disciplina de Cirurgia Plástica, Departamento de Cirurgia da UNIFESP-EPM, pelo estímulo constante e pelas sugestões apresentadas.

Aos amigos CARLOS EDUARDO PINFILDI, RODRIGO PASCHOAL PRADO, IVALDO ESTEVES JÚNIOR, ALEXANDRE CAVALLIERI GOMES E GUSTAVO ROBERTO DE GODOY, alunos do Curso de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da UNIFESP-EPM, pela cooperação e amizade, sem as quais não seria possível a realização desse trabalho.

A todos os RESIDENTES e ALUNOS do Curso de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da UNIFESP-EPM, pelo agradável convívio durante as reuniões da Pós-Graduação durante todos estes anos.

Aos PROFESSORES do Curso de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora da UNIFESP-EPM, pelas constantes sugestões apresentadas e por terem contribuído de maneira inestimável para meu crescimento como pesquisador e como pessoa.

Às secretárias da Disciplina de Cirurgia Plástica da UNIFESP-EPM, SANDRA DA SILVA, MARTA REJANE DOS REIS SILVA e SILVANA APARECIDA COSTA, pela dedicação e carinho, não medindo esforços em me ajudar durante todos os momentos.

Ao Professor FÁBIO TADEU MONTESANO pela análise estatística dos resultados.

Ao meu querido irmão, Prof. RICKSON DAVI LIEBANO, pela revisão do texto em inglês.

Ao CENTRO DE APOIO À PESQUISA E AO ENSINO SUPERIOR (C.A.P.E.S.), pelo apoio financeiro à realização desta tese.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	5
3. LITERATURA.....	7
4. MÉTODOS	26
4.1. Amostra	27
4.2. Eletroestimulador.....	27
4.3. Grupos de Estudo.....	28
4.4. Técnica Operatória.....	28
4.5. Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea	31
4.6. Método de Determinação da Porcentagem de Área de Necrose da Porção Distal dos Retalhos	32
4.7. Método Estatístico	34
5. RESULTADOS	36
5.1. Área de Necrose da Pele do Retalho	36
6. DISCUSSÃO	40
7. CONCLUSÃO	44
8. REFERÊNCIAS	46
9. FONTES CONSULTADAS	53
RESUMO	55
SUMMARY	57
APÊNDICE	I

JRESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na viabilidade do retalho cutâneo randômico em ratos. O material constituiu-se de 45 ratos, da linhagem Wistar-EPM. O retalho cutâneo randômico foi realizado com dimensões de 10 x 4 cm e uma barreira plástica foi interposta entre o mesmo e o leito doador. O Grupo 1 (Controle) foi anestesiado por uma hora com os eletrodos posicionados na base do retalho sem a administração do estímulo elétrico, imediatamente após a operação e nos outros dois dias subseqüentes (POi, PO1 e PO2). O Grupo 2 foi submetido à TENS por 1 hora imediatamente após a operação e nos outros dois dias subseqüentes com frequência de 2 Hz e amplitude de 15 mA. O Grupo 3 foi submetido à TENS da mesma forma que o grupo 2, porém com 80 Hz e 15 mA.

Nos três grupos foram calculadas as porcentagens de área de necrose (média de 43,11 no Grupo 1, 32,57 no Grupo 2 e 23,52 no Grupo 3) no sétimo dia pós-operatório.

A análise estatística mostrou que a TENS foi eficiente no aumento da viabilidade do retalho cutâneo randômico comparando-se ao grupo controle, não havendo diferença entre os Grupos 2 e 3.

SUMMARY

The aim of this study was to determine the role of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) in viability of random skin flap. The material of this study was 45 Wistar-EPM rats. The random skin flap measured 10 x 4 cm and a plastic barrier was interposed between the flap and donor site bed. Group 1 (control) was anesthetized during one hour with the electrodes positioned in the base of the flap without the administration of the electric stimulus immediately after the surgery and in the other two subsequent days. Group 2 was submitted to TENS during 1 hour immediately after the surgery and in the other two subsequent days with frequency of 2 Hz and amplitude of 15 mA. Group 3 was submitted to TENS during 1 hour immediately after the surgery and in the other two subsequent days too, but with frequency of 80 Hz and amplitude of 15 mA.

The percentage of necrotic area (average of 43,11 in Group 1, 32,57 in Group 2, and 23,52 in Group 3) was calculated in the seventh postoperative day in all groups.

Statistical analysis proved that TENS was efficient in increase of random skin flap viability compared with control group and there was no difference between groups 2 and 3.

Liebano, Richard Eloin

Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea na viabilidade do retalho cutâneo randômico isquêmico em ratos. / Richard Eloin Liebano- São Paulo 2004. xv, 54f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Plástica Reparadora.

Título em Inglês: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on viability of ischemic random skin flap in rats.

1. Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea. 2. Retalhos Cirúrgicos. 3. Viabilidade. 4. Ratos

1. INTRODUÇÃO

Os retalhos constituem o mais freqüente recurso utilizado nas cirurgias reparadoras de perda de substâncias, sejam traumáticas, ou após um procedimento cirúrgico (FERREIRA, 1995; SMITH & PRIBAZ, 2000). No entanto, a preocupação quanto a viabilidade do retalho ainda representa uma realidade. Muitos cirurgiões têm pesquisado os mecanismos fisiopatológicos e possíveis coadjuvantes que auxiliem na diminuição dos índices de necrose dos retalhos (KERRIGAN, 1983; DUARTE, GOMES, FERREIRA, 1998; GUERARDINI et al., 1999; SALMI, HONG, FUTRELL, 1999). Porém, apesar dos progressos ainda defronta-se com situações clínicas em que a necrose do retalho, parcial ou total, determina muitas complicações.

Sabe-se que uma das principais complicações que ocorre na realização dos retalhos é a isquemia, que na maioria das vezes evolui para a necrose tecidual, com perda do objetivo do tratamento proposto (KERRIGAN, 1983; DAVIS et al., 1999). Em função disso, muitas pesquisas estão sendo voltadas à melhora do aporte sanguíneo dos retalhos, melhorando assim a condição isquêmica, prevenindo a necrose (NIINA et al., 1997; DAVIS et al., 1999).

Na literatura existem estudos utilizando vários tipos de drogas, dentre os quais destacam-se as vasodilatadoras, bloqueadoras de canais de cálcio, inibidoras de prostaglandinas, anticoagulantes, antiadrenérgicas e antioxidantes (DUARTE, et al., 1998; DAVIS et al., 1999). Algumas dessas drogas, no entanto, apresentam alguns efeitos indesejados, tornando-se muitas vezes inviáveis para a aplicação na prática clínica (JURELL & JONSSON, 1976; KJARTANSSON et al., 1988a; DAVIS et al., 1999). Devido a isso, surgiram trabalhos utilizando recursos não farmacológicos,

tais como a acupuntura e a eletroacupuntura (JANSEN et al., 1989; NIINA et al., 1997), energia eletromagnética pulsátil (KRAG et al., 1979), laser de baixa potência (ou baixa intensidade) (KAMI et al., 1985; SMITH, 1992; AMIR et al., 2000) e correntes elétricas de baixa frequência polarizadas (REINISH & MEYERS, 1974; IM, LEE, HOOPEES, 1990) e não-polarizadas (KJARTANSSON et al., 1988a, 1988b; KJARTANSSON, LUNDEBERG, KÖRLOF, 1988c; LUNDEBERG & KJARTANSSON, 1988; KJARTANSSON & LUNDEBERG, 1990; NIINA et al., 1997; LIEBANO, FERREIRA, SABINO NETO, 2001; LIEBANO et al., 2002).

Dentre esses recursos, a Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) tem merecido destaque pelo seu baixo custo e grande facilidade de aplicação, passando a ser estudada como possível fator adjuvante no tratamento de retalhos isquêmicos, onde a mesma vem apresentando resultados animadores (KJARTANSSON et al., 1988a, 1988b; KJARTANSSON, LUNDEBERG, KÖRLOF, 1988c; LUNDEBERG, KJARTANSSON, SAMUELSON, 1988; KJARTANSSON & LUNDEBERG, 1990; NIINA et al., 1997; LIEBANO et al., 2001; LIEBANO et al., 2002). Apesar disto, infelizmente existe uma grande discrepância nos resultados dos trabalhos científicos em relação aos parâmetros físicos da corrente utilizada, principalmente quanto à frequência e amplitude (intensidade). KJARTANSSON et al. (1988a) utilizaram frequências de 2 e 80 Hz e intensidades de 5 e 20 mA em retalhos músculo-cutâneos em ratos e concluíram que o mais importante é que se utilize intensidade alta (20 mA), não importando a frequência da corrente. Já NIINA et al. (1997) ao tentarem reproduzir os resultados de KJARTANSSON et al. (1988a) e compará-los à eletroacupuntura, utilizaram intensidades de 2, 10 e 20 mA e frequências de 2 e 80 Hz, em retalhos músculo-cutâneos em ratos concluíram que o importante é que se

utilize uma frequência alta (80 Hz), não importando a intensidade da corrente utilizada.

Os trabalhos que verificaram o efeito da estimulação elétrica nervosa transcutânea sobre o fluxo sanguíneo em seres humanos também mostraram resultados conflitantes. Enquanto alguns autores advogam que frequências baixas (1 a 5 Hz) são mais eficazes para o aumento do fluxo sanguíneo (KAADA, OLSEN, EIENSEN, 1984; DEBRECENI et al. 1995; SCUDDS, HELEWA, SCUDDS, 1995; WIKSTRÖM et al., 1999; COSMO et al., 2000; CRAMP et al., 2000; KHALIL & MERHI, 2000; CRAMP et al., 2002), outros demonstraram resultados contrários a esta afirmação, utilizando frequências altas (75 –110 Hz) em seus estudos (ABRAM et al., 1980; LEANDRI et al., 1986; KJARTANSSON et al., 1988c; LUNDEBERG et al., 1988; KJARTANSSON & LUNDEBERG, 1990; LUNDEBERG, ERIKSSON, MALM., 1992).

Todo esse contexto demonstra a clara necessidade em continuar os estudos acerca dos efeitos da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea em retalhos cutâneos isquêmicos, especialmente na tentativa de melhor esclarecer os parâmetros da corrente a serem utilizados com esta finalidade.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea na viabilidade do retalho cutâneo randômico isquêmico em ratos.

3. LITERATURA

REINISH & MYERS (1974) foram os pioneiros na utilização de correntes elétricas em retalhos. Neste trabalho estudaram os efeitos do pré-tratamento com corrente direta de baixa intensidade na viabilidade de retalhos em 18 porcos. Uma semana antes do procedimento operatório 2 retalhos com 16 cm de comprimento e 5 cm de largura foram delineados, um de cada lado, no dorso dos animais. Quatro eletrodos (2 de cada lado) de 6 cm de diâmetro foram aplicados nas extremidades de cada retalho.

A bateria geradora da corrente foi conectada de maneira randomizada aos eletrodos em um dos lados dos animais. A polaridade dos eletrodos foi distribuída ao acaso e foram empregadas correntes com 400, 600 e 800 μA . A viabilidade dos retalhos pré-tratados com 400 μA não diferiu estatisticamente do grupo controle, entretanto o tratamento com 600 μA mostrou uma viabilidade 27% maior que o grupo controle e o tratamento com 800 μA 41%. A direção do fluxo da corrente não influenciou nos resultados.

DOOLEY & KASPRAK (1976) estudaram as modificações do fluxo sanguíneo arterial de extremidades em humanos pela eletroestimulação do sistema nervoso através de pletismógrafo de 1 canal. Participaram deste estudo 16 pacientes que foram submetidos à estimulação transcutânea ou estimulação implantada, que poderia ser percutânea, ou seja, através de uma agulha implantada no espaço epidural ou subaracnoídeo espinal, ou por operação, onde é realizada uma laminectomia e o eletrodo colocado entre os folhetos da dura-máter ou nos espaços subdural ou subaracnoídeo. Em 12 dos 13 pacientes que receberam a estimulação elétrica na medula espinal ou nas raízes dorsais foi observada a dilatação arterial, com exceção

dos pacientes que receberam a eletroestimulação na região lombar ou sobre os nervos periféricos. No entanto não foram descritos neste trabalho os parâmetros, nem o tipo da corrente utilizada.

OWENS et al. (1979) com o objetivo de tentar esclarecer os achados contraditórios da literatura sobre o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea sobre o componente simpático do sistema nervoso autônomo, realizaram a estimulação em sete voluntários saudáveis com os eletrodos posicionados sobre a região ulnar do antebraço e sobre a porção ulnar do punho, no ponto de máxima pulsação arterial. A corrente possuía um pulso de 100 microsegundos e uma frequência de 75 Hz, modulada em ± 25 Hz. A intensidade era aumentada até que o indivíduo sentisse uma sensação bem definida da corrente, devendo-se evitar o desconforto ou a contração muscular acentuada. Foi observada a variação da temperatura da palma da mão através de radiação infravermelha, onde se constatou em todos os sujeitos estudados um aumento bem definido da radiação palmar, distalmente à área estimulada. Como o aumento da radiação infravermelha corresponde ao aumento do calor da pele, evidencia-se indiretamente a vasodilatação cutânea e portanto uma diminuição do tônus simpático.

ABRAM et al. (1980) observaram um aumento da temperatura em membros superiores e inferiores de 33 indivíduos portadores de dor crônica submetidos à Estimulação Elétrica Transcutânea, com a utilização de uma frequência que fosse mais confortável ao paciente (75-100 Hz). A intensidade empregada era imediatamente abaixo do limiar motor ou de desconforto (12-20 mA), sendo que os eletrodos eram posicionados sobre a área da dor ou na região adjacente. Foi observado que o aumento da temperatura tinha início após 10 minutos de estimulação. Segundo estes

autores a estimulação elétrica poderia bloquear a atividade simpática periférica ou centralmente em alguns pacientes.

KAADA, et al. (1984) procurando por mediadores da vasodilatação cutânea encontraram uma relação entre a Estimulação Nervosa Transcutânea (TNS) e a liberação do Polipeptídeo Intestinal Vasoativo (VIP) em 15 indivíduos saudáveis e 20 portadores de doença de Raynaud. Segundo eles, pode haver ligação entre a liberação deste polipeptídeo e a vasodilatação cutânea que ocorre durante e após a eletroestimulação. Há a possibilidade de que o aumento dos níveis plasmáticos do VIP em resposta à TNS ocorra como consequência da inibição simpática da mesma maneira que o bloqueio adrenérgico ou secção de nervos esplâncnicos podem aumentar os níveis do VIP na circulação portal. A frequência da corrente utilizada era de 2 Hz no modo *burst* com uma frequência portadora de 100 Hz, tempo de duração do pulso 0,2 ms e a intensidade variava de 20 a 40 mA, devendo ser suficiente para produzir uma contração muscular evidente, porém sem desconforto, dos pequenos músculos da mão. A duração da estimulação elétrica foi de 45 minutos e os eletrodos (12 cm²) foram posicionados no espaço entre o primeiro e segundo ossos metacarpais e na borda ulnar da mesma mão. A avaliação da temperatura cutânea foi realizada através de termômetro digital eletrônico no primeiro dedo de ambas as mãos.

LEANDRI et al. (1986) estudaram o efeito de quatro modalidades diferentes de Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) em relação ao fluxo sanguíneo em 10 indivíduos saudáveis. Foram empregadas intensidades de 1,5 a 3 vezes o valor do limiar sensorial (5 a 9 mA) e frequências de 3 Hz e 100 Hz. Os pulsos eram quadrados e tinham duração

de 0,2 ms. Foram utilizados também eletrodos de 2 tamanhos diferentes (1,5 cm e 4 cm de diâmetro) que eram posicionados em ambos os lados de L2 e L3. A avaliação foi realizada através da teletermografia no local em que foi realizada a eletroestimulação, sendo que a modalidade mais eficaz para aumento do fluxo sanguíneo, era a corrente com 100 Hz de frequência, intensidade de 3 vezes o valor do limiar sensitivo e os eletrodos com 1,5 cm de diâmetro.

KJARTANSSON et al. (1987) estudaram a viabilidade de retalhos experimentais em 25 animais após desnervação com Capsaicina. Segundo eles, os vasos cutâneos são inervados também por fibras nervosas sensitivas além da inervação simpática. Essas fibras sensitivas possuem em suas terminações neuropeptídeos como a substância P e o Peptídeo Relacionado ao Gene da Calcitonina (CGRP), os quais poderiam explicar a vasodilatação cutânea causada pela estimulação antidrômica das fibras sensitivas. O pré-tratamento com a Capsaicina causa depleção dos neuropeptídeos sensitivos, porém os neurônios autonômicos permanecem inalterados. Com a utilização da Capsaicina houve uma significativa diminuição da viabilidade dos retalhos, indicando que os neurônios sensitivos primários possuem um importante papel no controle vascular em condições normais e isquêmicas.

KJARTANSSON et al. (1988a) demonstraram um aumento na sobrevivência do retalho músculo-cutâneo de 2 x 7 cm no rato com a utilização da TENS. Foram utilizados 10 grupos de 10 animais e um grupo de 20, onde utilizou-se intensidades de 5 e 20 mA e frequências de 80 Hz e 2 Hz, com disposição de eletrodos na base do retalho e na base da cauda. A maior porcentagem de tecido viável foi observada no grupo em que se

utilizou alta intensidade (20 mA) e alta frequência (80 Hz), porém, estatisticamente a diferença deste percentual era relacionada somente com a intensidade e não com a frequência.

KJARTANSSON et al. (1988b) constataram um aumento do fluxo sanguíneo através do laser Doppler, no retalho músculo-cutâneo dorsal em rato, com a utilização da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) e do peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP). A corrente utilizada apresentava 80 Hz de frequência e 0,2 ms de duração do pulso. O aumento do fluxo foi observado após 10 a 15 minutos do início da estimulação. Esse estudo sugere que a TENS demonstra mais similaridade ao efeito causado pela injeção do neurotransmissor sensitivo (CGRP) no retalho, do que o efeito de bloqueio dos neurônios simpáticos vasoconstritores, porém essa liberação de neurotransmissores pela TENS ainda precisa ser demonstrada.

KJARTANSSON et al. (1988c) utilizaram a Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) por 1,5 a 2,0 horas, duas vezes ao dia, em 6 pacientes que apresentavam retalhos críticos com baixo suprimento capilar, edema e estase. Foram utilizados 2 eletrodos (3 x 4 cm) e a frequência da corrente utilizada era de 90 Hz. O tempo de duração do pulso foi fixado em 0,2 ms e a intensidade era quatro vezes o valor do limiar de percepção, produzindo uma forte sensação de formigamento. Foi observado através do laser doppler um aumento do fluxo sanguíneo cutâneo após a TENS que perdurava por dez horas e também uma diminuição da necrose tecidual.

LUNDEBERG et al. (1988) utilizaram estimulação elétrica em 24 pacientes que haviam sido submetidas à mastectomia com a utilização de

retalhos fásquio-cutâneos para a reconstrução da mama e que apresentavam baixo suprimento capilar, edema e estase. O estimulador utilizado apresentava ondas quadradas alternadas, com duração do pulso de 0,4 ms e frequência de 80 Hz. A intensidade era três vezes o valor do limiar sensitivo (início da sensação de formigamento). O fluxo sanguíneo era avaliado através do laser Doppler antes, durante e após a estimulação, na pele do retalho e na mama oposta. O tratamento que produzia um melhor aumento do fluxo sanguíneo era de duas horas de duração e duas vezes ao dia. Foi observada melhora circulatória em 7 das 9 pacientes tratadas, e atribuiu-se esse efeito a uma possível liberação do peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP), sendo este considerado um potente vasodilatador.

POLITIS et al. (1989) realizaram um estudo experimental com o objetivo de se observar os efeitos da aplicação de uma corrente direta exógena na qualidade de enxertos de pele total em ratos. Os enxertos apresentavam formato quadrangular com dimensões de 2 x 2 cm, continham além de pele o panículo carnoso, e após serem retirados da região posterior das escápulas, eram novamente posicionados em sua área de origem.

O equipamento emitia uma corrente direta com intensidade de 4,5 μ A sendo realizados três posicionamentos diferentes de eletrodos. No grupo 1, o ânodo era posicionado sobre o enxerto e o cátodo implantado na região subcutânea, no grupo 2 o cátodo era posicionado sobre o enxerto e o ânodo no tecido subcutâneo e o grupo 3 foi utilizado como controle não havendo emissão de corrente. A eletro-estimulação dos grupos 1 e 2 era realizada de forma crônica, ou seja, sem interrupção até o quarto dia após a cirurgia.

A avaliação quantitativa realizada no sétimo dia pós-operatório revelou a presença de 80 a 90 por cento de necrose de enxerto de pele nos grupos controle (3) e cátodo sobre o enxerto (2). Já no grupo 1, onde o ânodo foi posicionado sobre o enxerto, a porcentagem de necrose foi de 50% apresentando diferença estatisticamente significativa. A análise histológica mostrou também uma derme mais espessa neste mesmo grupo (1). Estes resultados demonstram que a corrente direta pode influenciar na viabilidade e reparo dos enxertos de pele.

KJARTANSSON & LUNDEBERG (1990) observaram um aumento significativo do fluxo sanguíneo local de retalhos cutâneos e fásio-cutâneos em 20 pacientes após a Estimulação Elétrica Nervosa (ENS). A ENS foi utilizada durante 2 horas e 2 vezes ao dia, com 90 Hz de frequência e 0,2 ms de duração de pulso. A intensidade era 4 vezes o valor do limiar de percepção, produzindo uma forte sensação de formigamento na área estimulada, sendo que os eletrodos (3 x 4 cm) eram posicionados na base do retalho a ser tratado.

IM et al. (1990) investigaram os efeitos da eletroestimulação na isquemia que induzia à lesão tecidual em retalhos cutâneos em 12 porcos. Para a estimulação foi utilizada uma corrente elétrica pulsada e monofásica (polarizada), com uma frequência de 128 Hz e intensidade de 35 mA. O pólo negativo foi utilizado por 30 minutos após a cirurgia e nos 2 dias consecutivos, sendo 2 sessões diárias também com 30 minutos de duração. O pólo positivo foi utilizado nos dias 4 a 6, sendo o negativo utilizado novamente nos dias 7 a 9. Os retalhos foram avaliados no 21º dia após a operação, sendo observado um aumento da viabilidade dos retalhos estimulados. Segundo eles, o tratamento inicial com o eletrodo negativo

pode prevenir a isquemia severa através do bloqueio da vasoconstrição simpática, e desta forma minimizar o fenômeno isquemia-reperfusão. Já o tratamento com o eletrodo positivo teoricamente poderia produzir um efeito antioxidante pela neutralização dos radicais superóxidos (O_2^-) devido ao fluxo de prótons.

LINDEROTH et al. (1991) demonstraram em 30 ratos que a estimulação elétrica do corno posterior da medula espinhal pode aumentar a microcirculação da pele e dos músculos, sendo estes efeitos abolidos após a simpatectomia. Os possíveis mecanismos para a ocorrência da vasodilatação durante a estimulação, seriam a ativação de mecanismos centrais inibitórios que deprimiriam a atividade simpática vasoconstritora ou a ativação de fibras eferentes vasodilatadoras. No entanto, não se sabe a proporção em que estes diferentes mecanismos podem contribuir para este efeito.

LUNDEBERG, et al. (1992) observaram o efeito positivo da Estimulação Elétrica Nervosa (ENS) no tratamento de úlceras diabéticas. Participaram do estudo 64 pacientes que foram divididos em 2 grupos (controle e submetido à estimulação elétrica). A corrente elétrica apresentava 80 Hz de frequência e tempo de duração do pulso de 1 ms. Utilizou-se uma intensidade suficiente para provocar uma forte parestesia sendo que os eletrodos (4 x 6 cm) foram posicionados próximos da borda da lesão. A ENS era realizada por 20 minutos, 2 vezes ao dia durante 12 semanas. Um dos mecanismos responsáveis por tal benefício seria o aumento do fluxo sanguíneo da região.

NOLAN et al. (1993) utilizaram a TENS no modo convencional (n=20) e burst (n=20) com o objetivo de observar se ocorrem alterações na temperatura cutânea em indivíduos saudáveis. Os eletrodos (9 cm²) foram posicionados na região anterior do antebraço direito sobre o trajeto do nervo mediano (fossa cubital e punho). A temperatura foi mensurada no antebraço e na falange proximal dos dedos II e V através de termômetro digital.

A estimulação elétrica foi realizada durante 20 minutos com uma amplitude de 15 mA, suficiente para causar contrações musculares sem desconforto, e duração de pulso de 200 microsegundos, com frequência de 100 Hz. Para a estimulação no modo burst ocorreu uma modulação desta frequência.

No modo convencional não houve alteração da temperatura em nenhum dos 3 locais aferidos. Já no modo burst houve apenas aumento de temperatura na região anterior do antebraço. Desta forma os autores concluíram que a TENS não influencia a temperatura da pele nas regiões de distribuição periférica do nervo estimulado, somente nos músculos em atividade contrátil induzida eletricamente, ocorrendo nestes um aumento circulatório.

INDERGAND & MORGAN (1994) investigaram os efeitos da TENS no fluxo sanguíneo do músculo tríceps sural em 11 indivíduos assintomáticos. A TENS foi aplicada através de 4 eletrodos (16 cm²) com uma frequência de 110 Hz e duração de pulso de 150 microsegundos. Um par de eletrodos foi posicionado sobre o nervo fibular comum esquerdo e o outro par sobre o nervo tibial, sendo que a estimulação durava 20 minutos. Foram utilizadas intensidades acima e abaixo do limiar motor e a avaliação realizada através da pletimsografia por oclusão venosa. A estimulação feita

no limiar sensorial e no limiar motor não alterou o fluxo sanguíneo nesta população estudada.

DEBRECENI et al. (1995) avaliaram o efeito da Estimulação Elétrica Transcutânea (TES) em 24 pacientes portadores de doença arterial periférica obstrutiva que evoluíram para ulceração e necrose dos pés. Todos os pacientes estavam sendo tratados com drogas antiagregantes plaquetárias e vasodilatadoras durante muitos anos. A estimulação elétrica foi realizada com um equipamento portátil, sendo que um eletrodo foi posicionado abaixo do joelho, entre a Tíbia e a cabeça da Fíbula, e o outro, foi fixado na região dorsal do pé, no ângulo proximal entre o primeiro e segundo ossos metatarsos. Os pacientes foram submetidos à este tratamento diariamente, tendo duração de 20 minutos. A frequência da corrente foi 1-2 Hz e a intensidade era a suficiente para induzir contrações musculares rítmicas e sem causar dor (15-30 mA). Com exceção de 4 pacientes a melhora foi muito significativa em todos os casos, sendo que os critérios de avaliação foram a cura das úlceras e gangrena, distância de caminhada sem dor, oximetria não-invasiva e pressão sanguínea avaliada através do ultrassom Doppler. Desta forma os autores concluíram que a TES parece ser superior à terapia com drogas na cura de certos distúrbios circulatórios arteriais, como a isquemia crônica associada à ulceração e gangrena dos membros inferiores, e é efetiva no alívio de sintomas como a claudicação intermitente ou dor em repouso. O possível mecanismo envolvido nesta melhora é o aumento do fluxo sanguíneo, através do aumento da circulação colateral e/ou melhora da microcirculação, causado pela estimulação elétrica. O mecanismo exato através do qual ocorre este benefício circulatório ainda precisa ser elucidado.

SCUDDS et al. (1995) analisaram os efeitos da TENS sobre a temperatura cutânea em indivíduos assintomáticos. Participaram do estudo 24 voluntários, sendo que todos foram submetidos à 3 tipos de intervenção (TENS em alta frequência, TENS em baixa frequência e controle) com intervalo de 24 horas entre elas. Para a estimulação com alta frequência utilizaram 100 Hz e duração de pulso de 100 microsegundos e para baixa frequência utilizaram 4 Hz e duração do pulso de 250 microsegundos. A intensidade da corrente durante a alta frequência era suficiente para causar uma sensação forte, porém confortável, sem ocorrência de contrações musculares. Durante a frequência baixa a intensidade utilizada causava uma sensação desagradável, porém tolerável, com o aparecimento de contrações musculares rítmicas. Os eletrodos foram posicionados no espaço entre o I e II metacarpos na região dorsal da mão esquerda e sobre a borda ulnar.

A temperatura do dorso da mão foi aferida através de uma câmera de termografia infravermelha e a temperatura da base da falange do II dedo foi mensurada através de um teletermômetro.

Quando utilizou-se alta intensidade e baixa frequência ocorreu um aumento da temperatura no dorso da mão estatisticamente significativo comparado com os outros 2 grupos. Nenhuma das modalidades utilizada alterou a temperatura do dedo.

NIINA et al. (1997) compararam os efeitos da TENS e da Eletroacupuntura (EA) na viabilidade dos retalhos músculo-cutâneos em ratos. No experimento com da TENS e com a EA foram utilizados 7 grupos com variação de 4 a 14 animais por grupo, onde utilizaram intensidades de 2 mA, 10 mA e 20 mA e frequências de 2 Hz e 80 Hz. Os eletrodos (0,5 x 2 cm) foram posicionados na base do retalho sendo que a TENS causou um aumento da viabilidade e a EA não. Não houve diferença em relação à

intensidade utilizada e sim em relação à frequência, sendo que a de 80 Hz mostrou-se superior a de 2 Hz.

CROOM et al. (1997) realizaram um estudo com o objetivo de examinar o papel das raízes dorsais, do peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP) e da substância P na vasodilatação cutânea induzida pela eletro-estimulação da medula espinhal. A estimulação elétrica foi realizada durante 1 minuto com intensidade de 0,2 ou 0,6 mA, duração do pulso de 0,2 ms e frequência da corrente de 50 Hz. Para determinar a contribuição das raízes dorsais na vasodilatação, foram seccionadas as raízes do lado esquerdo de um dos grupos de ratos, e para determinar a contribuição dos neuropeptídeos sensitivos, foram aplicados antagonistas dos receptores da substância P (P NK-1) (CP-96345) e do CGRP (CGRP 8-37). Os resultados demonstraram que as raízes dorsais são de fundamental importância na vasodilatação cutânea durante a estimulação espinhal e que o CGRP possui um maior papel neste processo, enquanto a substância P não parece participar de maneira significativa da vasodilatação durante a eletroestimulação.

WIKSTRÖM et al. (1999) observaram os efeitos da TENS sobre o fluxo sanguíneo, realizada sobre a pele intacta e após a indução de uma lesão cutânea na perna esquerda através de sucção, levando ao aparecimento de uma bolha. Participaram do estudo 23 indivíduos do sexo feminino, saudáveis e não-fumantes. A avaliação do fluxo sanguíneo da pele intacta foi realizada através do laser Doppler e da pele lesada através da microscopia intravital. A estimulação elétrica foi realizada com frequência baixa (2 Hz) e alta (100 Hz) com duração de 45 minutos quando aplicada sobre a pele intacta, e 60 minutos na pele submetida à lesão. A

intensidade era aumentada até que os indivíduos sentissem a corrente, porém sem causar desconforto, sendo utilizado geralmente 10-15 mA. Durante a utilização de 2 Hz de frequência sobre a pele intacta houve um aumento significativo do fluxo sanguíneo (40%) em relação ao grupo controle, ao contrário de quando se utilizava 100 Hz (12%). Porém no grupo estimulado após a lesão da pele, ambas as frequências elevaram de maneira significativa o fluxo sanguíneo, sendo que a frequência de 2 Hz aumentou a microcirculação em 23% e a frequência de 100 Hz em 17%.

GHERARDINI et al. (1999) investigaram uma possível relação entre os efeitos vasculares causados pela eletroestimulação da medula espinhal com a viabilidade dos retalhos cutâneos através de uma possível mediação do peptídeo relacionado ao gene da calcitonina (CGRP). Foram implantados eletrodos na medula espinhal de 56 ratos e realizada 30 minutos de estimulação antes da elevação do retalho. A corrente apresentava uma frequência de 50 Hz e pulsos monofásicos com 0,2 ms de duração, sendo utilizada 70 ou 90% da intensidade necessária para provocar resposta motora. Em um dos grupos foi administrado um antagonista do CGRP (CGRP-8-37) e houve diminuição dos efeitos circulatórios da eletroestimulação com um conseqüente aumento da área de necrose do retalho. Nos demais grupos houve um aumento da viabilidade dos retalhos cutâneos pela eletroestimulação, sendo este efeito dependente da intensidade da estimulação (90%) e possivelmente pela mediação do CGRP.

COSMO et al. (2000) aplicaram a TENS em 15 pacientes portadores de úlceras na perna com o intuito de se observar o fluxo sanguíneo através do laser Doppler. Foi utilizada uma frequência de 2 Hz e intensidade

máxima suportável pelos pacientes (10-45 mA), durante 60 minutos. Após os 60 minutos de estimulação foi observado um aumento de 35% do fluxo sanguíneo no interior da úlcera e 15% na pele intacta ao redor da mesma. Quinze minutos após o término da TENS ainda havia aumento da circulação na ordem de 29% no interior da úlcera e 9% ao redor. Desta forma estes autores concluíram que a TENS possui um efeito estimulante sobre o fluxo sanguíneo tanto nas úlceras de membros inferiores como também na pele íntegra.

CRAMP et al. (2000) investigaram o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) no fluxo sanguíneo e temperatura da pele na região do antebraço de indivíduos saudáveis. A avaliação foi realizada através da fluxometria por laser Doppler e por meio de um termistor respectivamente.

Trinta voluntários (15 do sexo masculino e 15 do sexo feminino) foram divididos em 3 grupos de 10. Um grupo foi utilizado como controle e os demais foram submetidos à TENS em alta frequência (110 Hz) ou baixa (4 Hz), sendo que em ambos os grupos foi utilizado 200 microsegundos de duração de pulso. A intensidade da corrente era aumentada até que os indivíduos relatassem uma “sensação forte, porém confortável”. Os eletrodos foram posicionados no trajeto do nervo mediano, 4,5 cm de cada lado de um ponto delimitado na distância média entre as pregas cutâneas do cotovelo e do punho, e a estimulação durava 15 minutos.

No grupo estimulado com baixa frequência (4 Hz) houve um aumento estatisticamente significativo do fluxo sanguíneo, observado através do laser Doppler, no entanto não foram observadas alterações da temperatura cutânea. Nos demais grupos não houveram diferenças com

significância estatística em relação ao fluxo sanguíneo ou temperatura. Desta forma concluiu-se que a TENS em baixa frequência (4 Hz) produz um aumento local do fluxo sanguíneo cutâneo, sendo que o possível mecanismo de ação seria a inibição do sistema nervoso simpático.

KHALIL & MERHI (2000) avaliaram o efeito da TENS sobre o fluxo sanguíneo e cura de feridas em ratos jovens (3 meses) e ratos idosos (24 meses). A estimulação elétrica era aplicada durante 1 minuto sobre o nervo ciático com os seguintes parâmetros: (20 V, 2 ms, 5 Hz). A avaliação do fluxo sanguíneo foi realizada pelo laser Doppler onde constatou-se um aumento do mesmo nos animais novos e idosos. Em um grupo pré-tratado com capsaicina observou-se uma diminuição desta resposta. Segundo estes autores as fibras simpáticas não parecem influenciar esta resposta vascular, pois com a utilização de fentolamina e guanetidina (drogas simpaticolíticas) não houveram alterações.

Na segunda parte do estudo foi realizada uma lesão térmica com laser de CO₂ na região interescapular dos ratos idosos. No grupo tratado foi utilizado a TENS por 1 minuto 2 vezes ao dia durante 5 dias, sendo observada uma maior velocidade de cura das feridas quando comparado com o grupo controle. Desta forma concluiu-se que a TENS em baixa frequência pode aumentar a resposta vascular em ratos idosos e que a cura de feridas pode ser acelerada pela ativação periférica de fibras nervosas sensitivas através da estimulação elétrica.

SHERRY et al. (2001) investigaram a possibilidade de a TENS no modo burst estimular as fibras simpáticas vasoconstritoras pós-ganglionares. Foram utilizados 20 indivíduos que receberam a estimulação elétrica sobre os nervos fibular e tibial. A corrente apresentava uma

freqüência portadora de 85 Hz, modulada em 2 bursts por segundo, sendo que a fase tinha duração de 250 microsegundos. Foram realizadas 3 intervenções de estimulação com duração de 5 minutos. Na primeira utilizou-se uma intensidade imediatamente abaixo do limiar motor (estimulação sensorial), na segunda intervenção foi utilizada intensidade imediatamente acima do limiar motor (menor intensidade que causasse uma contração muscular visível), e na última a intensidade era 25% acima do limiar motor. Foi avaliado o fluxo sanguíneo da perna através da pletismografia por oclusão venosa, pressão arterial e temperatura da pele.

A TENS aplicada imediatamente abaixo ou acima do limiar motor não alterou o fluxo sanguíneo da perna, nem a pressão arterial ou a temperatura da pele. A TENS utilizada com intensidade 25% acima do limiar motor causou um aumento do fluxo sanguíneo e diminuição da resistência vascular, porém não houveram alterações da pressão arterial nem da temperatura cutânea. Desta forma as autoras concluíram que o efeito da TENS sobre a circulação depende da intensidade utilizada e colocam em questionamento a possibilidade de se estimular as fibras nervosas eferentes simpáticas em pessoas sem sintomas de doenças cardiovasculares ou neuromusculares.

CRAMP et al. (2002) realizaram uma pesquisa com o intuito de se determinar qual o efeito da intensidade da TENS no fluxo sanguíneo e temperatura cutânea local e distal. Foi realizado um estudo duplo cego com 40 indivíduos (20 homens e 20 mulheres) que foram divididos em 4 grupos. Um grupo foi utilizado como controle e os demais receberam estimulação elétrica da seguinte maneira: acima do limiar motor, abaixo do limiar motor e no limiar de percepção (sensorial). Os eletrodos se encontravam posicionados sobre o nervo mediano do antebraço direito, 4,5 cm de cada

lado de um ponto delimitado na distância média entre as pregas cutâneas do cotovelo e do punho, e a corrente apresentava 4 Hz de frequência, 200 microsegundos de duração de pulso, sendo utilizada durante 15 minutos. A avaliação do fluxo sanguíneo foi realizada pelo laser Doppler e a temperatura foi mensurada através de um termistor cutâneo, durante a TENS e 15 minutos após o término da mesma. O grupo que foi estimulado com intensidade acima do limiar motor apresentou um aumento de fluxo sanguíneo significativamente maior que os demais grupos, não havendo diferenças da temperatura cutânea nem da circulação da extremidade distal dos dedos II e III. Desta forma concluiu-se que o efeito da TENS no fluxo sanguíneo cutâneo depende da indução de contrações musculares. Os possíveis mecanismos de ação seriam a ação da bomba muscular ou aumento da demanda metabólica dos músculos em contração. Como não houve alteração do fluxo sanguíneo na extremidade do dedo os autores acreditam que este efeito não foi relacionado à depressão do sistema nervoso simpático.

LIEBANO et al. (2002) realizaram um estudo com o objetivo de verificar o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na viabilidade do retalho cutâneo randômico em ratos. O material constituiu-se de 30 ratos, da linhagem Wistar-EPM. O retalho cutâneo randômico foi realizado com dimensões de 10 x 4 cm e uma barreira plástica foi interposta entre o mesmo e o leito doador. O Grupo 1 (Controle) foi anestesiado por uma hora com os eletrodos posicionados na base do retalho sem a administração do estímulo elétrico, imediatamente após a cirurgia e nos outros dois dias subsequentes (POI, PO1 e PO2). O Grupo 2 foi submetido à TENS com frequência de 80 Hz e amplitude de 15 ma, por 1 hora, imediatamente após a cirurgia e nos outros dois dias subsequentes.

Nos dois grupos foram calculadas as porcentagens de área de necrose (média de 43,11 no Grupo 1 e de 23,52 no Grupo 2) no sétimo dia pós-operatório.

A análise estatística mostrou que a TENS foi eficiente no aumento da viabilidade do retalho cutâneo randômico comparando-se ao grupo controle.

4. MÉTODOS

4.1 AMOSTRA

Para a realização deste trabalho foram utilizados 45 ratos (**Rattus norvegicus: var. albinus, Rodentia, Mammalia**), adultos, machos, da linhagem Wistar EPM – 1, oriundos do Biotério Central da Escola Paulista de Medicina. O peso variou entre 260 e 340 g. Os animais foram transferidos para o Biotério da Disciplina de Cirurgia Plástica da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP e mantidos em gaiolas individuais, recebendo ração comercial e água *ad libitum*.

4.2 ELETROESTIMULADOR

O equipamento utilizado no experimento foi o Orion Tens® [Orion Aparelhos para Fisioterapia LTDA; número de série 00849], digital e controlado por microprocessador, com 2 canais de saída, 3 modos de operação (TENS convencional, BURST e FES), tempo de tratamento programável de 1 a 100 minutos, tempo de duração do pulso (T) programável de 40 a 350 microsegundos, frequência (1/R) programável de 1 a 200 Hz e amplitude de corrente (intensidade) de 1 a 100 mA. Os pulsos emitidos são bifásicos balanceados e simétricos (fig. 1). Acompanhando o estimulador elétrico, foram utilizados: um cabo, dois eletrodos de silicone (4,2 x 1,5 cm), gel e fita adesiva para a fixação dos eletrodos.



Fig. 1 – Eletroestimulador utilizado para realização da TENS.

4.3 GRUPOS DE ESTUDO

Os animais foram distribuídos em 3 grupos, a saber:

G1 (n=15) - Controle: retalho cutâneo randômico e simulação da TENS.

G2 (n=15) - Retalho cutâneo randômico submetido à TENS/1h com $f=2$ Hz e $I=15$ mA, no POI, PO1e PO2

G3 (n=15) - Retalho cutâneo randômico submetido à TENS/1h com $f=80$ Hz e $I=15$ mA, no POI, PO1e PO2

4.4 TÉCNICA OPERATÓRIA

Para a realização da pesquisa experimental foram utilizados 45 ratos, que foram pesados e distribuídos ao acaso em 3 grupos, sendo 1 controle e 2 de tratamento. Todos os animais do estudo foram anestesiados com injeção intraperitoneal de Cloridrato de Tiletamina e Cloridrato de

Zolazepam, com uma dose de 50 mg/kg, durante o procedimento operatório e durante as sessões de eletroestimulação. Após indução anestésica, os ratos foram posicionados em superfície plana com os membros em extensão, sendo realizada tricotomia digital no dorso dos animais.

Procedeu-se, então, o delineamento do retalho por meio de molde plástico [filme F-1 (poliéster + polietileno)], recortado nas medidas padrão (10 x 4 cm) no dorso dos animais, e tendo como limites os ângulos inferiores das escápulas e os ossos superiores da cintura pélvica (fig. 2). O retalho cutâneo randômico de base cranial foi incisado com bisturi e elevado a partir da fáscia dos músculos, contendo a fáscia superficial, panículo carnoso, tecido subcutâneo e pele (fig. 3) (McFARLANE et al., 1965; DUARTE, 1998). Após a elevação do retalho, uma barreira plástica (filme F-1), com as mesmas dimensões (10 x 4 cm), foi colocada entre ele e seu leito doador (UGLAND, 1966; KAUFMAN, et al., 1985; GOMES, LANDMAN, FERREIRA, 1994; DUARTE et al., 1998; GOMES et al., 1998). A síntese foi realizada com 25 pontos simples de náilon monofilamentar 4-0 (fig. 4) (NIINA et al., 1997; GOMES et al., 1994; DUARTE et al., 1998; GOMES et al., 1998).

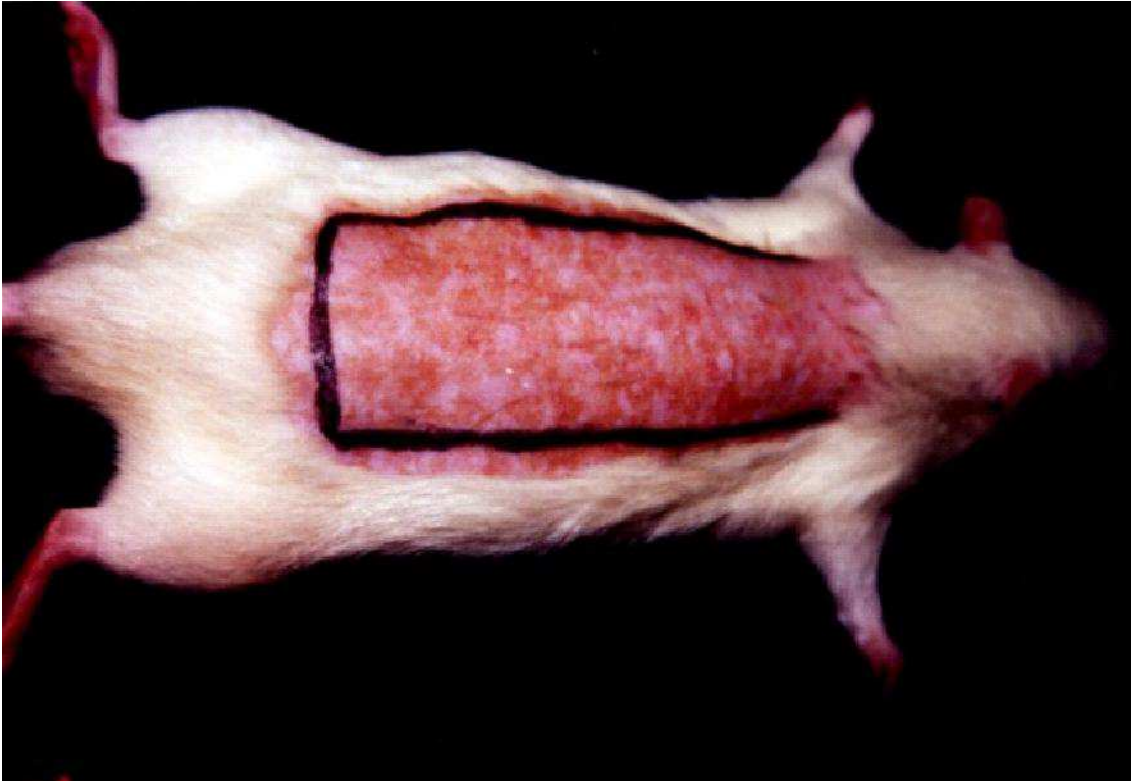


Fig. 2 – Planejamento do retalho nas medidas padrão (10 x 4 cm).



Fig. 3 – Retalho cutâneo randômico isquêmico de base cranial elevado.



Fig. 4 – Sutura realizada com pontos simples de náilon 4-0, após elevação do retalho e interposição da barreira plástica.

4.5 ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA

Após o procedimento operatório, os animais do Grupo 1 foram mantidos anestesiados por mais 1 hora com os eletrodos posicionados na base do retalho e fixados com fita adesiva, porém não houve a saída de qualquer estímulo elétrico. Este mesmo procedimento foi repetido nos outros dois dias subseqüentes (PO1 e PO2) sempre no mesmo horário.

Os animais dos demais grupos foram submetidos ao mesmo procedimento do Grupo 1, porém o equipamento de TENS foi ligado. O tempo de duração de pulso utilizado foi de 200 microsegundos (fig.5). A amplitude e freqüência utilizadas em cada grupo estão descritas a seguir.

Os animais do Grupo 2 foram submetidos à TENS com frequência de 2 Hz e amplitude de 15 mA.

Os animais do Grupo 3 foram submetidos à TENS com frequência de 80 Hz e amplitude de 15 mA.

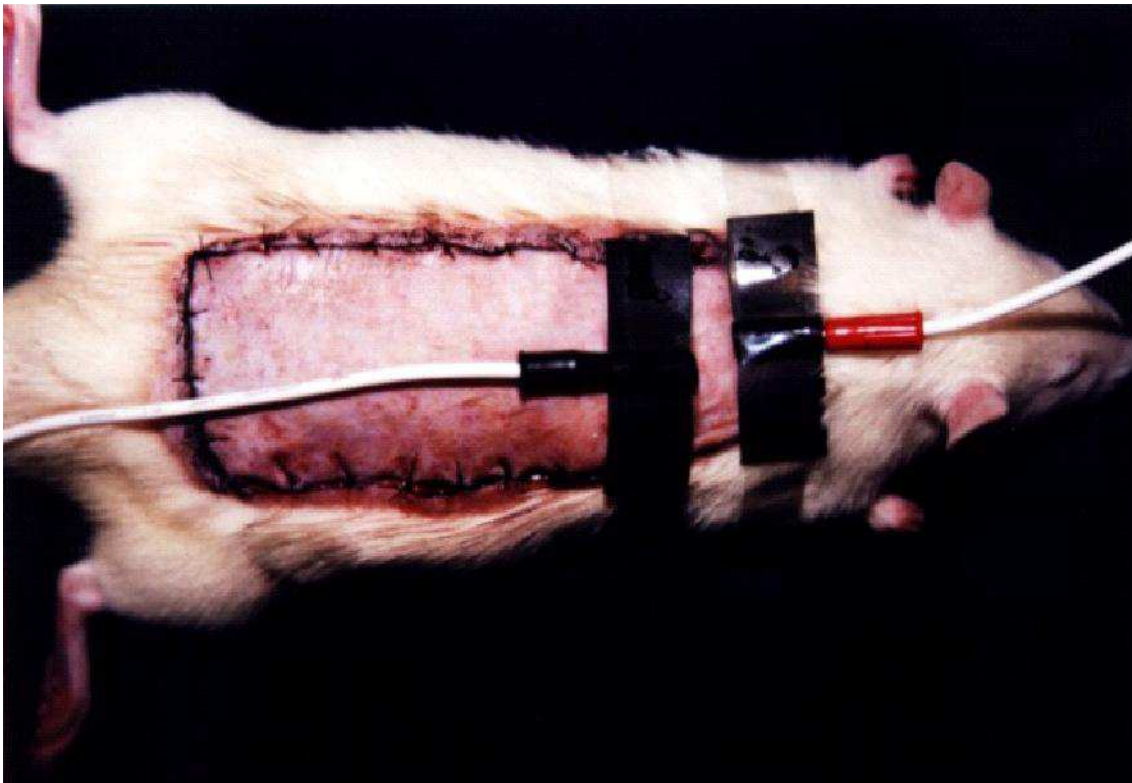


Fig. 5 – Posicionamento dos eletrodos na base do retalho para realização da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS).

4.6 MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DA PORCENTAGEM DE ÁREA DE NECROSE DA PORÇÃO DISTAL DOS RETALHOS

A porcentagem de área de necrose dos retalhos foi verificada no sétimo dia após a operação por meio do método do gabarito de papel, descrito por SASAKI & PANG, em 1980. O limite entre o tecido viável

(pele macia, rósea, quente e com pêlos) e o necrosado (pele rígida, escurecida, fria e sem pêlos) foi demarcado nos animais.

Um molde de todo o retalho foi então desenhado e recortado em papel transparente (vegetal) (fig. 6 e 7), sendo a seguir aferido em balança de precisão (erro de +/- 0,0001g). Recortou-se, deste fragmento, apenas a área correspondente à necrose do retalho, que também foi aferida.

Em seguida, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$\text{porcentagem de área de necrose do retalho} = \frac{\text{peso do gabarito de papel de necrose do retalho}}{\text{peso do gabarito de papel da área total do retalho}} \times 100$$

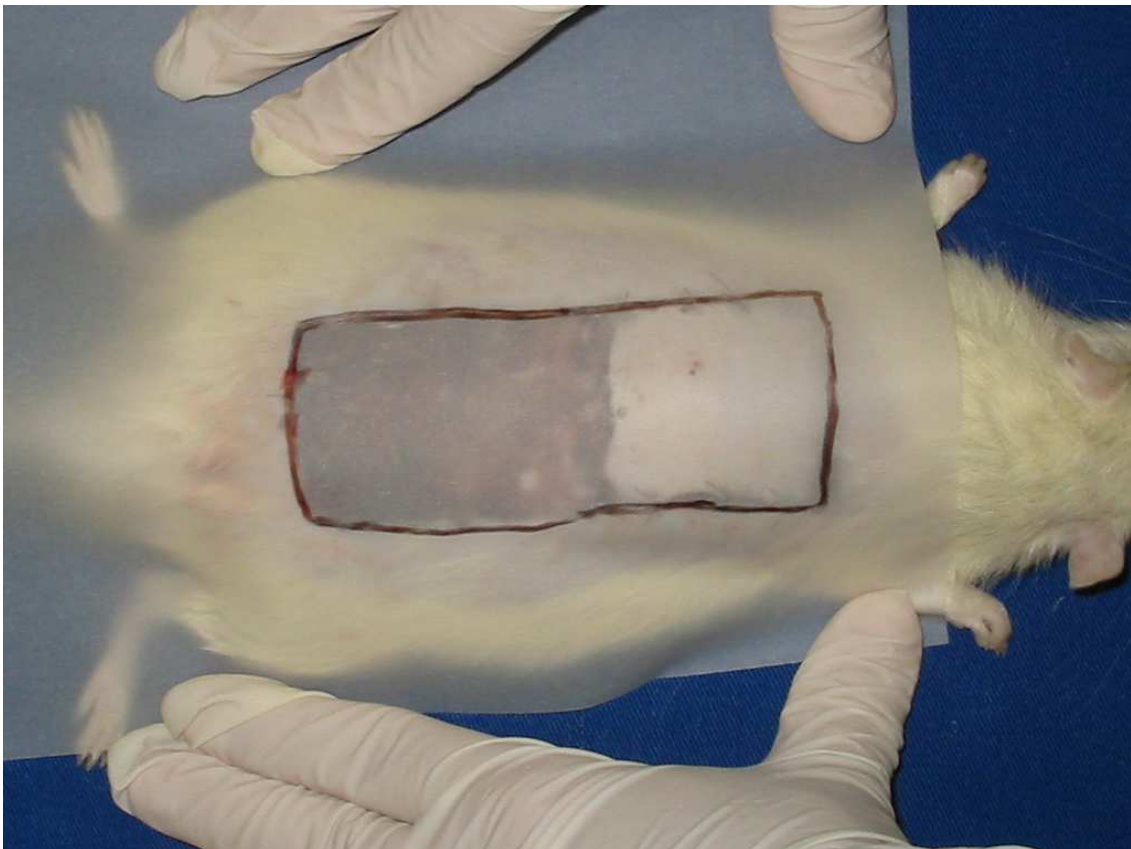


Fig. 6 – Molde de todo o retalho demarcado em papel vegetal transparente.

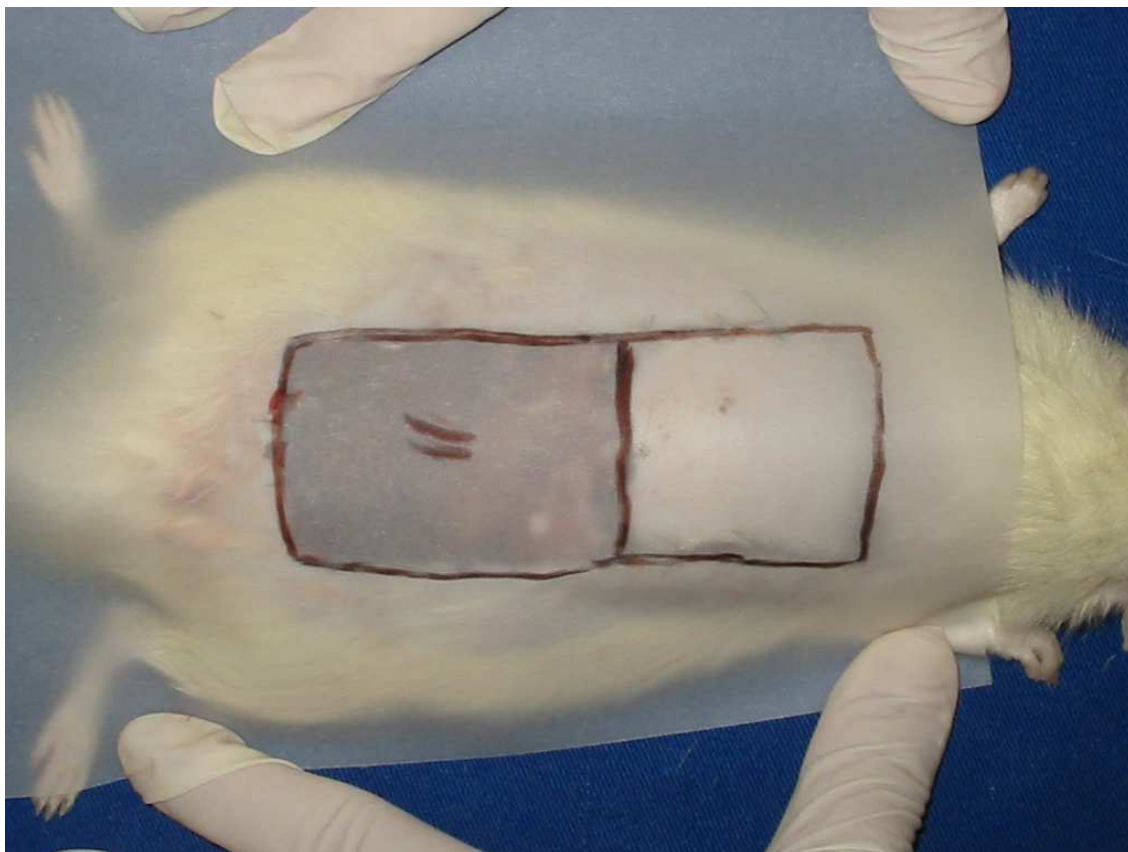


Fig. 7 – Molde de todo o retalho com delimitação entre a área de tecido viável e a área de necrose.

4.7 MÉTODO ESTATÍSTICO

4.7.1 Análise Descritiva

O passo inicial da análise estatística realizada é a descrição geral dos dados considerados na pesquisa com vistas a encontrar indicações dos resultados que serão obtidos e também facilitar na interpretação dos mesmos. Para tanto, empregam-se tabelas e gráficos adequados à natureza e nível de mensuração das variáveis estudadas.

4.7.2 Análise Inferencial

Passada a descrição geral dos dados, procede-se à aplicação de técnicas estatísticas adequadas para se investigar o objetivo central da

pesquisa. Neste caso, para estudar a Porcentagem de Necrose, utiliza-se o modelo de Análise de Variância com um fator fixo (NETER et. al, 1996). Com nível descritivo de 0,001; verifica-se se há alguma diferença entre os grupos estudados. Como o objetivo central da pesquisa é comparar os grupos entre si, emprega-se o método de comparações múltiplas de Tukey para investigar tal fato.

5. RESULTADOS

5.1 Área de Necrose da Pele do Retalho (Porcentagem)

Tabela I. Porcentagem de área de necrose encontrada nos grupos de estudo, com suas respectivas médias, no sétimo dia pós-operatório

Animal	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
1	41,97	30,57	22,26
2	55,29	14,95	12,00
3	37,04	16,85	28,52
4	38,18	46,57	9,85
5	39,43	35,25	13,12
6	34,15	41,67	37,81
7	45,60	31,65	22,13
8	24,35	12,36	7,03
9	38,85	43,23	32,18
10	45,07	35,74	12,68
11	41,48	46,77	38,22
12	39,46	48,41	27,75
13	51,06	27,65	22,00
14	52,89	32,55	27,34
15	61,92	24,31	39,92
Média	43,11	32,57	23,52

Anova – Tukey G1>G2*=G3

Gráfico 1. Valores Médios de Porcentagem de Área de Necrose Encontrados nos Grupos de Estudo

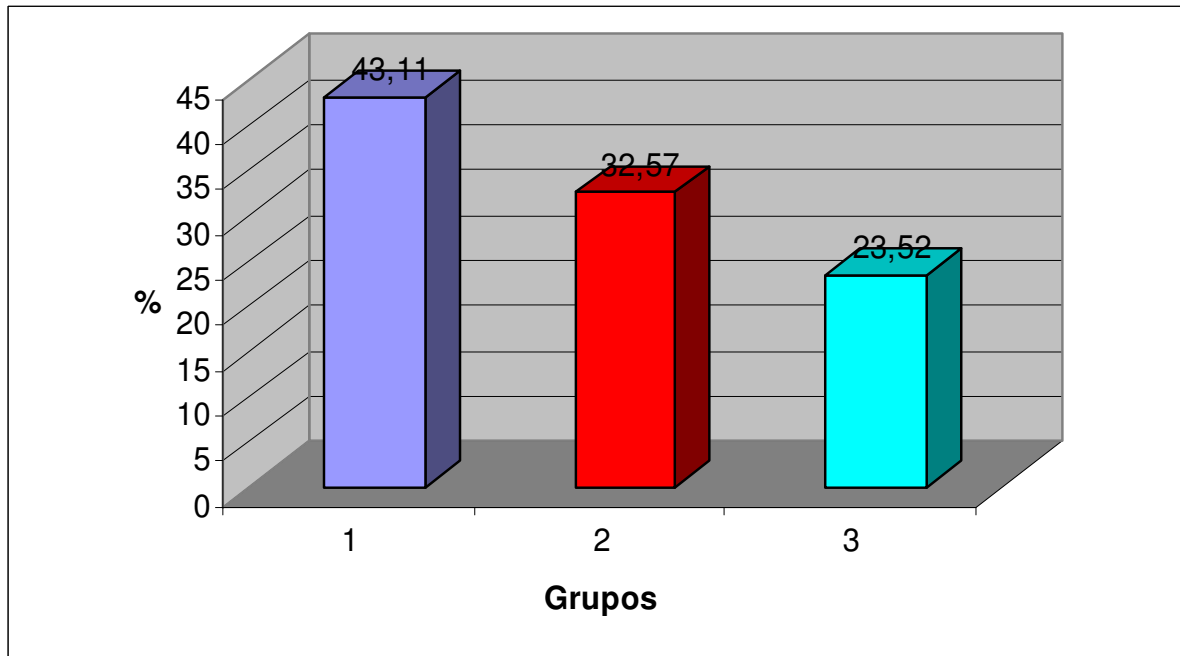


Gráfico 2- Box Plot correspondente à Área de Necrose dos Grupos de Estudo

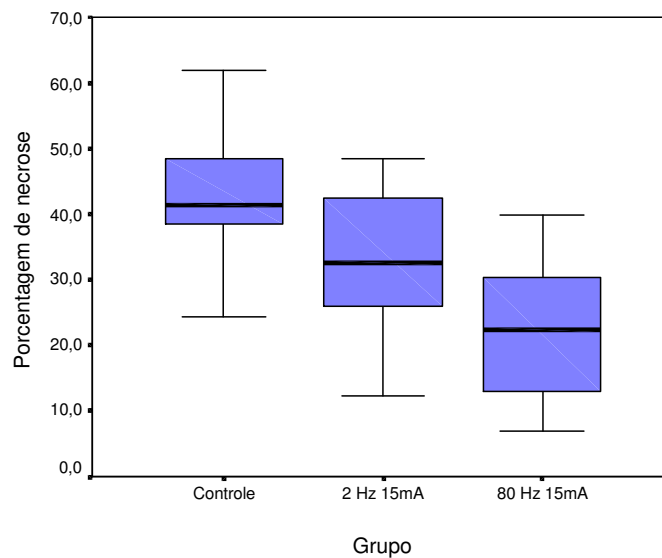


Tabela II - Medidas descritivas da porcentagem de necrose dos animais, segundo grupo.

<i>Grupo</i>	<i>Controle (1)</i>	<i>2 Hz 15mA (2)</i>	<i>80 Hz 15mA (3)</i>
Média	43,12	32,57	23,52
Desvio-padrão	9,31	11,73	10,84
Mínimo	24,35	12,36	7,03
Máximo	61,92	48,41	39,92
Assimetria	0,21	-0,34	0,03
Curtose	0,52	-0,91	-1,23

6. DISCUSSÃO

A Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea é um recurso já consagrado na modulação de dores agudas e crônicas, sendo utilizada diariamente como parte do arsenal de agentes físicos disponíveis ao fisioterapeuta. Seu mecanismo de ação passou a ser melhor compreendido após a postulação da Teoria das Comportas por MELZACK & WALL (1965), sendo determinado que a estimulação de fibras nervosas aferentes de grosso calibre (mielinizadas) e rápida velocidade de condução poderia inibir a passagem de estímulos nociceptivos que estariam veiculando através de fibras lentas do tipo A delta e tipo C. Posteriormente esta teoria passou a ser melhor compreendida e aprimorada, entretanto, não entrar-se-á em detalhes neste sentido, pois este trabalho não visou ao efeito analgésico da eletroestimulação.

Mais recentemente, alguns pesquisadores começaram a observar, além do efeito analgésico, alterações de temperatura e fluxo sanguíneo cutâneo em indivíduos saudáveis (OWENS et al., 1979; LEANDRI et al., 1986; SCUDDS, HELEWA, SCUDDS, 1995; WIKSTRÖM et al., 1999) e portadores de algumas doenças como Síndrome de Raynaud e Polineuropatia Diabética (KAADA, 1982; KAADA et al., 1984). A partir desta importante observação, começaram a utilizar a TENS com o objetivo de acelerar o fechamento de úlceras isquêmicas de difícil reparo, tendo como principal justificativa o aumento do fluxo sanguíneo (LUNDEBERG et al., 1992; DEBRECENI et al., 1995; BAKER et al., 1997; COSMO et al., 2000).

Este conhecimento motivou alguns autores e a pesquisar os efeitos deste aumento de fluxo sanguíneo causado pela estimulação elétrica na

viabilidade do retalho cutâneo isquêmico, utilizado com grande frequência principalmente nas cirurgias reparadoras.

Segundo KERRIGAN (1983) a perda de um retalho cutâneo pode ser atribuída tanto a fatores extrínsecos como intrínsecos. Fatores extrínsecos incluem alterações sistêmicas (infecção, arteriosclerose, hipotensão ou desnutrição) e locais (compressão, tensão ou trombose de anastomose). No entanto, o único fator intrínseco conhecido é o fluxo sanguíneo inadequado devido à insuficiência arterial na porção distal do retalho.

Dessa maneira, recursos ou medidas terapêuticas que aumentem o fluxo arterial do retalho ou estabilizem a membrana celular em vigência de isquemia seriam de fundamental importância para aumentar a viabilidade dos retalhos cutâneos. Além da TENS existem vários outros recursos físicos que também apresentam estas propriedades como o Laser e o Ultrasom, com os quais sugere-se que sejam realizados estudos futuros comparativos.

Embora a pele do porco seja a que mais se assemelha à humana, escolheu-se o rato devido às facilidades de obtenção, de manipulação laboratorial e por existir vasta citação nos trabalhos científicos publicados. No rato, o panículo carnoso (camada muscular, ausente na pele humana) é aderente à derme, mas ligado à fáscia profunda apenas por tecido areolar frouxo. No homem, o panículo adiposo (tela subcutânea superficial) é mais firmemente ligado à fáscia profunda. Quanto ao suprimento sanguíneo para a pele, essas camadas são comparáveis, pois os principais vasos nutrientes associam-se às mesmas. Tanto no rato quanto no homem, um retalho pediculado deve possuir o panículo para conter os vasos sanguíneos necessários à sua viabilidade (GOMES et al., 1994).

O retalho cutâneo randômico dorsal, de base cranial no rato, que foi utilizado neste trabalho, foi proposto por McFARLANE et al. (1965) como

modelo experimental para estudar a necrose cutânea e sua prevenção. Possui como medidas 10 cm de comprimento e 4 cm de largura. Costuma apresentar uma porcentagem de necrose entre 25 a 50% a partir de sua porção distal, porém, em 5,7% dos casos não ocorre necrose significativa.

Adotou-se a conduta de interpor um filme plástico entre o retalho e o leito doador, impedindo a revascularização do retalho através dos vasos do leito, portanto garantindo condições homogêneas de isquemia e necrose, conforme proposto por UGLAND (1966) e revisto por KAUFMAN et al. (1985). Desta forma, sempre existe uma porcentagem de necrose significativa. Este procedimento foi utilizado também por outros autores (GOMES et al., 1994; DUARTE et al., 1998, GOMES et al., 1998).

A porcentagem da área de necrose do retalho foi avaliada no sétimo dia pós-operatório através do método do gabarito do papel, descrito inicialmente por SASAKI & PANG (1980). Utilizou-se este método por ser de rápida e fácil execução, com erro menor que 5 %, e amplamente utilizado na literatura pesquisada. Os animais eram sacrificados através da inalação de Éter Sulfúrico, e, em seguida, era feita a diferenciação entre o tecido viável e o tecido necrótico através da observação das características macroscópicas. A área de pele viável do retalho possuía cor rósea, textura macia e crescimento de pêlos. Já a área de pele necrótica era rígida, fria, escurecida e sem crescimento capilar. As áreas eram demarcadas em papel vegetal transparente e aferidas em balança de precisão.

Optou-se pelo cálculo da área de necrose e não da área de tecido viável, conforme descrito no trabalho de SASAKI & PANG (1980), pois a grande maioria dos autores de trabalhos que antecederam este procederam desta forma (GOMES et al., 1994; DUARTE et al., 1998, GOMES et al., 1998), o que também facilita a comparação de resultados em estudos futuros.

7. CONCLUSÃO

A Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) melhorou a viabilidade do retalho cutâneo randômico isquêmico em ratos. Não houve diferença entre as frequências 2 Hz e 80 Hz, utilizando-se amplitude de 15 mA.

8. REFERÊNCIAS

- AMIR, A.; SOLOMON, A.S.; GILER, S.; CORDOBA, M.; HAUBEN, D.J. – The influence of helium-neon laser irradiation on the viability of skin flaps in the rat. **Br. J. Plast. Surg.**, **53**: 58-62, 2000.
- BAKER, L.L.; CHAMBERS, R.; DEMUTH, S.K.; VILLAR, F. – Effects of electrical stimulation on wound healing in patients with diabetic ulcers. **Diabetes Care.**, **20**: 405-12, 1997.
- COSMO, P.; SVENSSON, H.; BORNMYR, S.; WIKSTRÖM, S. – Effects of transcutaneous nerve stimulation on the microcirculation in chronic leg ulcers. **Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.**, **34**: 61-4, 2000.
- CRAMP, A.F.L.; GILSENAN, C.; LOWE, A.S.; WALSH, D.M. – The effect of high- and low-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation upon cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. **Clin. Physiol.**, **20**: 150-7, 2000.
- CRAMP, F.L.; McCULLOUGH, G.R.; LOWE, A.S.; WALSH, D.M. – Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, **83**: 5-9, 2002.
- DAVIS, E.R.; WACHHOLZ, J.H.; JASSIR, D.; PERLYN, C.A.; AGRAMA, M.H. - Comparison of topical anti-ischemic agents in salvage of failing random-pattern skin flaps in rats. **Arch. Facial Plast. Surg.**, **1**: 27-32, 1999.
- DEBRECENI, L.; GYULAI, M.; DEBRECENI, A.; SZABÓ, K. – Results of transcutaneous electrical stimulation (TES) in cure of lower extremity arterial disease. **Angiology**, **46**: 613-18, 1995.
- DOOLEY, D.M.; KASPRAK, M. – Modification of blood flow to the extremities by electrical stimulation of the nervous system. **South. Med. J.**, **69**: 1309-11, 1976.

- DUARTE, S.I.; GOMES, H.F.C.; FERREIRA, L.M. - Effect of dimethyl sulphoxide on necrosis of skin flaps in rats. **Can. J. Plast. Surg.**, **6**: 93-7, 1998.
- FERREIRA, L.M. – Retalhos Cutâneos. In: _____ - **Manual de Cirurgia Plástica**. São Paulo, Editora Atheneu, 1995.p.45-62.
- GHERARDINI, G.; LUNDEBERG, T.; CUI, J.; ERIKSSON, S. V.; TRUBEK, S.; LINDEROTH, 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.**, **103**: 1221-8, 1999.
- GOMES, H.F.C.; BUENO, P.; PERCÁRIO, S.; LANDMAN, M. R. L.; FERREIRA, L. M. - Effect of N-acetylcysteine in a random skin flap after administration of nicotine, in the rat. **F. Méd.**, **117**: 209 - 211, 1998.
- GOMES, H.F.C.; LANDMAN, M. R. L.; FERREIRA, L. M. - Effect of nicotine in randomized skin flaps in rats. **Rev. Hosp. São Paulo - Esc. Paul. Med.**, **5**: 13 - 17, 1994.
- IM, J.M.; LEE, W.P.A.; HOOPES, J.E. - Effect of electrical stimulation on survival of skin flaps in pigs. **Phys. Ther.**, **70**: 37-40, 1990.
- INDERGAND, H.J. & MORGAN, B.J. – Effects of high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation on limb blood flow in healthy humans. **Phys. Ther.**, **74**: 361-67, 1994.
- JANSEN, G., LUNDEBERG, T.; SAMUELSON, U.E.; THOMAS, M. - Increased survival of ischemic musculocutaneous flaps in rats after acupuncture. **Acta Physiol. Scand.**, **135**: 555-8, 1989.
- JURELL, G., & JONSSON, C.E. - Increased Survival of experimental skin flaps in rats following treatment with antiadrenergic drugs. **Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.**, **10**:169, 1976.
- KAADA, B. – Vasodilation induced by transcutaneous nerve stimulation in peripheral ischemia (Raynaud's phenomenon and diabetic polyneuropathy). **Eur. Heart J.**, **3**: 303-14, 1982.

- KAADA, B.; OLSEN, E.; EIELSEN, O. – In search of mediators of skin vasodilation induced by transcutaneous nerve stimulation: III. Increase in plasma VIP in normal subjects and in Raynaud's disease. **Gen. Pharmac.**, **15**: 107-113, 1984.
- KAMI, T.; YOSHIMURA, Y.; NAKAJIMA, T.; OHSHIRO, T.; FUJINO, T.- Effects of Low-Power Diode Lasers on Flap Survival. **Ann. Plast. Surg.**, **14** (3); 278-283, 1985.
- KAUFMAN, T.; ANGEL, M. F.; EICHENLAUB, E. H.; LEVIN, M.; HURWITZ, D. J.; FUTRELL, J., W. – The salutary effects of the bed on the survival of experimental flaps. **Ann. Plast. Surg.**, **14**:64-73, 1985.
- KERRIGAN, C. L. – Skin flap failure: pathophysiology. **Plast. Reconstr. Surg.**, **72**: 766-77, 1983.
- KJARTANSSON, J.; LUNDEBERG, T.; SAMUELSON, U.E.; DALSGAARD, J.- Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) increases survival of ischemic musculocutaneous flaps. **Acta Physiol. Scand.**, **134**; 95-99, 1988a.
- KJARTANSSON, J.; LUNDEBERG, T.; SAMUELSON, U.E.; DALSGAARD, J.; HEDÉN, P. - Calcitonin gene-related peptide (CGRP) and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) increase cutaneous blood flow in a musculocutaneous flap in the rat. **Acta Physiol. Scand.**, **134**; 89-94, 1988b.
- KJARTANSSON, J.; LUNDEBERG, T.; KÖRLOF, B. – Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in ischemic tissue. **Plast. Reconstr. Surg.**, **81**: 813-5, 1988c.
- KJARTANSSON, J.; LUNDEBERG, T. - Effects of electrical nerve stimulation (ENS) in ischemic tissue. **Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.**, **24**:129-134, 1990.
- KRAG, C.; TAUDORF, U.; SIIM, E.; BOLUND, S.- The effect of pulsed electromagnetic energy (Diapulse) on the survival of experimental skin flaps. **Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.**, **13**:377-80, 1979.

- LEANDRI, M.; BRUNETTI, O.; PARODI, C. I. – Telethermographic findings after transcutaneous electrical nerve stimulation. **Phys. Ther.**, **66**: 210-13, 1986.
- LIEBANO, R.E.; FERREIRA, L.M.; SABINO NETO, M. – The effect of the transcutaneous electrical nerve stimulation on the viability of random skin flaps in rats. **Can. J. Plast. Surg.**, **10**: 151-54, 2002.
- LIEBANO, R.E.; FERREIRA, L.M.; SABINO NETO, M – Transcutaneous electrical nerve stimulation on viability of random skin flap in rats. **ASPS/PSEF/ASMS 70 th Annual Scientific Meeting. Orlando, Flórida.** November 3-7, 2001.
- LINDEROTH, B.; GUNASEKERA, L; MEYERSON, B.A. – Effects of sympathectomy on skin and muscle microcirculation during dorsal column stimulation: animal studies. **Neurosurgery**, **29**: 874-9, 1991.
- LUNDEBERG, T; ERIKSSON, S.; MALM, M. – Electrical nerve stimulation improves healing of diabetic ulcers. **Ann. Plast. Surg.**, **29**: 328-31, 1992.
- LUNDEBERG, T.; KJARTANSSON, J. - Effect of electrical nerve stimulation on healing of ischemic skin flaps. **The Lancet**, **24**; 712-714, 1988.
- MELZACK, R.; WALL, P.D. – Pain mechanism: a new theory. **Science**, **150**: 971-8, 1965.
- McFARLANE, R.M.; DeYOUNG, G.; HENRY, R.A. - The design of a pedicle flap in the rat to study necrosis and its prevention. **Plast. Reconstr. Surg.**, **35**; 177-182, 1965.
- NETER, J.; KUTNER, M. H.; WASSERMANN, W; NACHSTHEIM, M. **Statistical linear models**, 4th edition. Boston, Irwin, , 1996.
- NIINA,Y.; IKEDA, K.; IWA, M.; SAKITA, M. - Effects of electroacupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on survival of musculocutaneous flap in rats. **Am. J. Chin. Med.**, **25**; 273-280, 1997.

- NOLAN, M.F.; HARTSFIELD, J.K.; WITTERS, D.M.; WASON, P.J. – Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation in the conventional and burst modes to alter digital skin temperature. **Arch. Phys. Med. Rehabil.**, **74**; 182-7, 1993.
- OWENS, S.; ATKINSON, E. R.; LEES, D. E. – Thermographic evidence of reduced sympathetic tone with transcutaneous nerve stimulation. **Anesthesiology**, **50**: 62-5, 1979.
- POLITIS, M.J.; ZANAKIS, M.F.; MILLER, J.E. – Enhanced survival of full-thickness skin grafts following the application of DC electrical fields. **Plast. Reconstr. Surg.**, **84**: 267-72.
- REINISH, J.F. & MYERS, M.B. – Survival of experimental flaps pretreated with low-intensity direct current electrical delay. **Surg. Forum**, **25**: 522-3, 1974.
- SALMI, A.M.; HONG, C.; FUTRELL, J. W. – Preoperative cooling and warming of the donor site increase survival of skin flaps by the mechanism of ischaemic preconditioning: an experimental study in rats. **Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.**, **33**: 163-7, 1999.
- SASAKI, G.H. & PANG, C. Y. – Hemodynamics and viability of acute neurovascular island skin flap in rats. **Plast. Reconstr. Surg.**, **65**: 152-8, 1980.
- SCUDDS, R.J.; HELEWA, A.; SCUDDS, R.A. – The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on skin temperature in asymptomatic subjects. **Phys. Ther.**, **75**: 622-8, 1995.
- SHERRY, J.E.; OEHRLEIN, K.M.; HEGGE, K.S.; MORGAN, B.J. – Effect of burst-mode transcutaneous electrical nerve stimulation on peripheral vascular resistance. **Phys. Ther.**, **81**: 1183-91, 2001.
- SMITH, J.D. & PRIBAZ, J.J. – Flaps. In: ERIKSSON, E. **Plastic Surgery. Indications, Operations, and Outcomes – vol 1**. Mosby, Inc, 2000.
- SMITH..R.J. The effect of Low-Energy Laser on Skin-Flap Survival in the Rat and Porcine Animal Models. **Plast. Reconstr. Surg.**, **89**; 306-310, 1992.

UGLAND, O. – Flaps and flap necrosis. **Acta Chir. Scand.**, **131**: 408-412, 1966.

WIKSTRÖM, O. S.; SVEDMAN, P; HENRY, S; TANWEER, A. S. – Effect of transcutaneous nerve stimulation on microcirculation in intact skin and blister wounds in healthy volunteers. **Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.**, **33**: 195-201, 1999.

9. FONTES CONSULTADAS

SPECTOR, N. – **Manual para a redação de teses, dissertações e projetos de pesquisa.** Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1997. 117 p.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar o efeito da Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) na viabilidade do retalho cutâneo randômico em ratos. O material constituiu-se de 45 ratos, da linhagem Wistar-EPM. O retalho cutâneo randômico foi realizado com dimensões de 10 x 4 cm e uma barreira plástica foi interposta entre o mesmo e o leito doador. O Grupo 1 (Controle) foi anestesiado por uma hora com os eletrodos posicionados na base do retalho sem a administração do estímulo elétrico, imediatamente após a operação e nos outros dois dias subsequentes (POi, PO1 e PO2). O Grupo 2 foi submetido à TENS por 1 hora imediatamente após a operação e nos outros dois dias subsequentes com frequência de 2 Hz e amplitude de 15 mA. O Grupo 3 foi submetido à TENS da mesma forma que o grupo 2, porém com 80 Hz e 15 mA.

Nos três grupos foram calculadas as porcentagens de área de necrose (média de 43,11 no Grupo 1, 32,57 no Grupo 2 e 23,52 no Grupo 3) no sétimo dia pós-operatório.

A análise estatística mostrou que a TENS foi eficiente no aumento da viabilidade do retalho cutâneo randômico comparando-se ao grupo controle, não havendo diferença entre os Grupos 2 e 3.

SUMMARY

The aim of this study was to determine the role of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) in viability of random skin flap. The material of this study was 45 Wistar-EPM rats. The random skin flap measured 10 x 4 cm and a plastic barrier was interposed between the flap and donor site bed. Group 1 (control) was anesthetized during one hour with the electrodes positioned in the base of the flap without the administration of the electric stimulus immediately after the surgery and in the other two subsequent days. Group 2 was submitted to TENS during 1 hour immediately after the surgery and in the other two subsequent days with frequency of 2 Hz and amplitude of 15 mA. Group 3 was submitted to TENS during 1 hour immediately after the surgery and in the other two subsequent days too, but with frequency of 80 Hz and amplitude of 15 mA.

The percentage of necrotic area (average of 43,11 in Group 1, 32,57 in Group 2, and 23,52 in Group 3) was calculated in the seventh postoperative day in all groups.

Statistical analysis proved that TENS was efficient in increase of random skin flap viability compared with control group and there was no difference between groups 2 and 3.

APÊNDICE

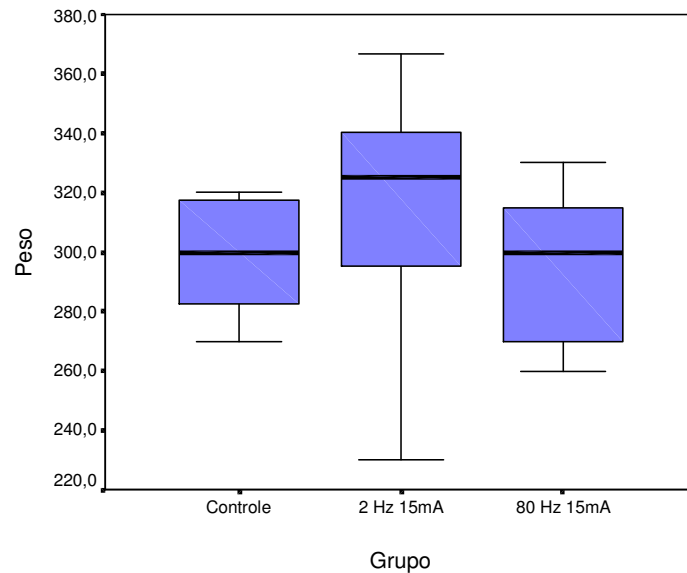
APÊNDICE I

Estudo da variável peso

TABELA III - Medidas descritivas do Peso dos animais, segundo grupo

<i>Grupo</i>	<i>Controle</i>	<i>2 Hz 15mA</i>	<i>80 Hz 15mA</i>
Média	297,67	313,80	295,33
Desvio-padrão	19,07	36,38	25,32
Mínimo	270,00	230,00	260,00
Máximo	320,00	367,00	330,00
Assimetria	-0,13	-0,87	-0,09
Curtose	-1,55	0,52	-1,58

Gráfico 1: Distribuição do Peso dos animais, segundo grupo



Para comparar os três grupos com relação ao peso dos animais, empregou-se a Análise de Variância com um fator fixo. Foi obtido nível descritivo de 0,154; pode-se afirmar que os grupos são homogêneos quanto ao peso dos ratos.