대한임상전기생리학회 제6권 제1호
Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology
Vol. 6, No. 1, 2008.

미세전류전기자극이 흰쥐의 창상치유에 미치는 영향

오 혜 진
(서남대학교 대학원 물리치료전공)
김 정 우
(서남대학교 의과대학 해부학교실)
박 장 성
(서남대학교 물리치료학과)

The Effect of Microcurrent Stimulation on Wound Healing in Rat

Oh Hye-Jin, P.T., M.P.H
(Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Seonam University)
Kim Jung-Woo, Ph.D
(Dept. of Anatomy, College of Medicine, Seonam University)
Park Jang-Sung, P.T., Ph.D
(Dept. of Physical Therapy, Seonam University)

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of microcurrent stimulation intensity(50 ㎂, 100 ㎂, 300 ㎂ - 5 pps pulse frequency was same) on wound healing in rat.

Sixty male Korean rats were randomly divided into 4 groups of 15 for 4 different

교신저자 : 오혜진 (우) 590-961 전북 남원시 대강면 대강보건지소
전화 : 063-626-7058 전자우편 : 820213ohj@hanmail.net

treatment protocols(none-control group, 50 ㎂, 100 ㎂, 300 ㎂-experimental groups). Experimental 20 ㎜ linear wound were made and all animals in the experimental groups were received microcurrent stimulation once a day for 20 minutes until sacrifice days(1st day, 3rd day, 6th day). A vernier caliper was used to measure a wound healing length and an optical microscope was used to determine any histological changes. The repeated measures two-way ANOVA was used for statistical differences in wound healing length. Experimental results were as follows:

1. In the examination with the naked eye, all groups showed similar changes until 1st day. But from 3rd day, a little intercellular fluid soaked through wound region in control group. In experimental groups, little intercellular fluid soaked through wound region, and swelling and redness did not appear.

2. Wound length of experimental 50 ㎂ group was significantly decreased than control group($p<0.001$). And in the aspect of application period, wound length was significantly decreased in 3th, 6th day than 1st day and 6th day than 3th day ($p<0.001$).

In conclusion, it has been found that the microcurrent stimulation had a positive effect on wound healing. And 50 ㎂ stimulation intensity was more effective than other intensities(100 ㎂, 300 ㎂) in wound healing. Also, low-intensity microcurrent stimulation was more effective on the purpose of wound healing.

Key Words : Microcurrent, Wound Healing

Ⅰ. 서론

전기자극 중 10-6A(1 ㎂)의 범위에서 조직에 감각수준하자극(sub-sensory level stimulation)을 제공하는 형태를 미세전류자극(microcurrent stimulation)이라고 한다(McMakin, 2004). 이러한 미세전류자극은 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation)이나 유도전류(faradic current)와 같은 형태보다 전류의 강도가 훨씬 낮기 때문에 다른 형태의 전기자극과는 구분되고, 주파수 및 극성을 다양하게 사용하면 각 세포 그룹에서 보다 많은 효과를 얻어낼 수 있다(Champman-Jones 등, 2002). 미세전류자극은 피부궤양의 치료, 지연성근육통(delayed-onset muscle soreness; DOMS) 치유 및 통

증조절을 위한 목적으로 사용된다(Carley 등, 1985; Lambert 등, 2002; McMakin, 2004). EI-Husseini 등(2007)은 슬관절 성형술(total knee arthroplasty; TKA) 환자에게 미세전류자극을 적용한 연구에서 수술 상처가 더 빨리 치유됨을 보고하였다. 또한 Chan 등(2007)은 아킬레스건을 부분 절개한 쥐에게 미세전류자극을 적용하여 건(tendon)의 치유과정이 촉진되었다고 보고하였다.

Lambert 등(2002)은 세포 내의 Ca2+이온의 항상성을 조절하는 것과 관련된 미세전류자극의 기전을 보고하였다. 또한, Cheng 등(1982)과 Owoeye 등(1987)은 미세전류가 세포막 전위차를 형성할 수 있는 세포수준의 전기에너지를 외부로부터 세포에 공급함으로써 통증완화 및 창상치유의 효과를 얻을 수 있다고 보고하였고, Gabis 등(2003)은 만성 요통의 치료에 비침습적(non-invasive) 전극을 사용한 최근의 연구에서 β-엔돌핀의 분비와 관련된 기전을 보고하였다.

현재 창상의 치유에는 생체공학적 전기자극요법(electrostimulation), 레이저치료(lasers), 음압치료(negative pressure therapy), 초음파치료(ultrasound) 등이 사용되고 있다(Brounhton 등, 2006). 최근에는 이러한 요법 중 전기자극에 의한 창상치유 기전은 조직내부의 전기적 전압의 변화, 세포의 생합성(biosynthesis)과 복제(replication)의 자극, 살균효과(bactericidal effect), 혈액순환의 증가, 결합조직과 염증성 세포의 견인력(attraction) 등으로 알려져 있다(Griffin 등, 1991).

대부분의 창상은 주된 치료를 받지 않고도 회복되지만, 일부 만성 정맥궤양(chronic venous ulcer)이나 욕창 등과 같은 유형의 창상은 비교적 그 치유속도가 느리고 다른 치료에도 어려움이 있게 하며, 이렇게 창상치유가 지연되면 환자, 가족, 의사에게 많은 의학적, 사회적, 경제적인 문제가 발생하게 된다고 밝히며 창상의 조기치유의 중요성을 강조했다(Kitchen, 2002).

이상에서 살펴 본 바와 같이 미세전류자극은 여러 분야의 질병을 치료하는데 사용되고 있고, 특히 선행연구들에서 인간과 실험동물을 대상으로 여러 형태의 창상에 미세전류자극을 적용하여 창상치유에 미치는 영향을 알아보았지만, 미세전류의 자극강도에 따른 창상치유 정도를 살펴본 연구는 드물다.

따라서 본 연구에서는 흰쥐의 등 쪽에 선상 절개창상을 유발하여 서로 다른 세 가지 강도의 미세전류를 적용한 후 치유과정을 육안적, 조직학적, 면역조직화학적 방법을 통해 관찰함으로서 창상치유에 효과적인 치료 강도를 규명하고자 한다.

II. 연구방법

1. 실험동물

본 연구는 생후 7주 된 체중 223.07±8.70 g의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(NTacSam: SD) 60마리를 사용하였다. 실험동물을 구입하여 4일 간의 적응기간을 거친 후 실험을 시작하였다. 실험군의 분류는 표 1과 같다. 대조군은 창상유발 후 자극을 주지 않고 소

독처치 후 그대로 보존 사육하는 집단이고, 모든 실험군의 맥동빈도는 5 pps로 동일하게 하였으며, 각 집단은 50, 100, 300 ㎂의 자극강도로 실험군을 구분하였다(표 1).

대조군을 비롯한 각 실험군은 15마리가 되도록 하였고, 조직 샘플은 무작위 추출을 통하여 분류하였다. 실험실의 온도는 25±2℃, 습도는 60±10%로 유지하였으며, 명암주기는 자연광으로 하였다. 실험기간 동안 bioclean cage에서 고형사료(신촌실험동물사료, 신촌사료주식회사, 서울)와 물은 자유롭게 공급하였다.

표 1. 실험동물의 분류 및 일반적인 특성

집단	체중(g)	개체 수(마리)
대조군	221.33±7.84[a]	15
50 ㎂	222.80±8.61	15
100 ㎂	223.20±8.84	15
300 ㎂	224.93±9.91	15
합계	223.07±8.70	60

[a]; 평균±표준편차

2. 연구도구

본 연구에서는 창상치유에 미세전류자극기(EMI®-580K, Cosmic Co., Korea)를 사용하였다. 교번극성(alternation polarity; ALT)으로 10×10 ㎜ 전극을 창상부위를 중심으로 하여 종배치(longitudinal application)하였고, 각각 미세전류자극을 적용하였다. 미세전류자극의 강도는 각각 50 ㎂, 100 ㎂, 300 ㎂로 적용하였으며, 맥동빈도는 5 pps로 균일하게 하였다. 대조군 개체에는 실험기간 동안 자극을 주지 않고 소독처치 후 그대로 보존 사육하였고, 그 외 실험군의 모든 개체에는 1일 1회 20분씩 총 6일 동안 매일 미세전류자극을 적용하였다.

3. 연구절차

1) 창상유발

실험동물을 먼저 전기면도기를 사용하여 삭모하였으며, N2 가스로 흡입 마취시킨 후 70% 에탄올로 등 부위를 소독하고, 수술용 칼을 사용하여 척주와 평행하게 요부 측면에 20 ㎜ 피부 전층(full thickness; epidermis and dermis)까지 종축방향으로 선상 절개하여 창상을 유발하였다.

그 후 창상의 가운데 부분을 3호 봉합사와 3호 외과용 봉합침을 사용하여 단순 봉합하였다. 본 실험의 모든 창상모델은 위의 방법으로 동일하게 처치하였으며, 창상유발 후 24시간 동안 안정을 취하게 한 후 창상

치유에 미세전류자극을 적용하였다.

창상의 길이는 대조군은 19.92±1.09 ㎜, 50 ㎂군은 20.57±0.74 ㎜, 100 ㎂군은 20.66±1.94 ㎜, 300 ㎂군은 20.19±1.16 ㎜로 비교적 균일하게 절개하였다.

2) 창상길이의 변화 측정

창상의 길이변화는 동일한 실험자가 버니어 캘리퍼스(560-110, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 창상유발 직후에 실험 전 창상길이를 측정하고, 1일, 3일, 6일째 미세전류자극을 적용한 후에 창상의 길이변화를 측정하여 기록하였다.

3) 조직채취 및 염색

각 집단에서 실험 개시일로부터 1일과 3일 및 6일이 경과한 후 실험동물을 무작위로 선별하여 창상부위 조직을 채취하고 조직학적 검사를 실시하였다. 조직은 20 ㎜의 선상 창상부위를 중심으로 하여 지름 25 ㎜의 크기로 전층 피부를 채취하였다. 채취된 조직은 축화 및 변형을 방지하기 위해 4% NBP(neutral buffered paraformadehyde) 용액에 고정하였다. 48시간 후 고정된 조직을 흐르는 물에 12시간 수세한 다음 일반적인 조직의 탈수, 투명 및 침투과정을 자동조직처리장치기(Tissue-Tek Ⅱ, Sakura Co., Japan)를 사용하여 14시간 동안 처리하였으며, 파라핀 블록의 제작과 냉각은 조직포매장치(Tissue-Tek, Sakura Co., Japan)를 사용하였다. 제작된 파라핀 블록을 회전식 미세박절기(RM 2155, Leica Co., Germany)를 사용하여 창상 봉합부위를 중심으로 상하 5 ㎜되는 부위를 수직방향으로 4~5 ㎛ 두께로 연속 횡단 절편하였다. 부유 온수조(PS-M, Sakura Co., Japan)와 신전기(PS-C2, Sakura Co,. Japan) 과정을 거쳐 슬라이드에 부착시켰다. 자일렌으로 3회, 10분씩 탈파라핀 과정을 진행하였고, 고농도에서 저농도로 알코올에 5분씩 함수한 후 흐르는 물에 5분간 수세하였다. 창상조직의 일반적인 형태를 관찰하기 위해 헤마톡실린 용액(hematoxylin solution)에 5분간 핵 염색 후 수세하여 에오신 용액(eosin solution)으로 세포질 염색을 하고 수세하였다. 저농도에서 고농도로 4단계 탈수과정을 진행하였으며, 자일렌 용액에 3단계 함수하여 조직을 청명하게 한 후 synthetic mountant로 봉입하였다.

4. 분석방법

본 연구의 통계학적 분석은 상용통계프로그램인 SPSS/win(version 12.0)을 사용하였다. 각 측정항목들의 정규분포 여부를 알아보기 위해 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용한 결과 정규분포에 대한 가정이 인정되었고, 시간에 따른 집단 간 창상길이의 변화에 대한 차이를 비교하기 위해 반복측정된 이요인분산분석(repeated measures two-way ANOVA)을 사용하였다. 미세전류자극 적용강도에 대한 사후검정은 Scheffe 법을 사용하였고, 반복측정된 시간변수에 대한 사후검정은 Bonferroni 법을 사용하였으며, 통계학적 유의성을 검정하기 위하여 유의수준 α는 0.05로 정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 육안의 관찰에 의한 소견

피부 전층까지 선상 절개창상을 유발하자 혈관이 파괴되어 즉시 출혈이 나타났고, 혈액에 의해 손상된 피부공간이 채워지고 상처가 치유되기 시작했다. 창상의 양쪽 끝부분과 봉합을 한 가운데 부분부터 피부공간이 채워지고 가피(scab)가 형성되었다.

대조군은 실험기간 동안 자극을 주지 않고 소독처치 후 그대로 보존 사육한 집단으로, 등 쪽을 선상 절개한 이후 3일까지는 조직액이 스며나왔고, 창상부위가 붉고 부종이 관찰되는 것으로 보아 염증성 소견이 있었다. 실험 4일부터는 이러한 소견이 차츰 줄어들고 가피가 형성되었으나, 실험군에 비해 그 속도가 느린 것을 확연히 관찰할 수 있었다.

자극강도를 50 ㎂로 적용한 집단은 1일 적용하였을 때에는 대조군과 큰 차이를 발견하지 못했다. 3일까지는 조직액이 약간 스며나왔으나 발적, 부종 등의 염증성 소견은 관찰되지 않았다. 이 집단은 실험을 진행하면서 대조군과 다른 실험군에 비해서는 창상 양면의 유합 정도나 길이변화가 빠른 것을 관찰할 수 있었다. 가피의 형성이나 탈락 과정 또한 다른 집단에 비해 빨랐다.

자극강도를 100 ㎂로 적용한 집단의 실험 1일째에는 대조군과 큰 차이가 없었다. 3일까지 약간의 조직액이 스며나왔고, 역시 염증성 소견은 관찰되지 않았다. 6일째 미세전류자극을 받은 개체들은 50 ㎂로 적용한 군과 비슷하게 가피가 형성되고 탈락되는 것이 관찰되었다.

자극강도를 300 ㎂로 적용한 집단의 실험 1일째에는 대조군과 큰 차이가 없었다. 3일까지 조직액이 스며나오긴 했지만, 염증성 소견은 관찰되지 않았고, 가피 형성과 탈락 정도는 다른 실험군보다는 대조군과 비슷했다.

2. 집단 간 창상길이의 변화

집단 간 창상길이의 변화를 표 2에 제시하였다. 대조군은 소독처치 후 1일이 경과하였을 때의 창상길이가 18.55±0.51 ㎜이었고, 3일 경과하였을 때는 16.46±1.16 ㎜, 6일 경과 후에는 13.80±1.08 ㎜이었다. 창상유발 직후 19.92±1.09 ㎜에 비해 1일 경과 후에는 창상이 6.9% 정도 치유되었고, 3일 경과 후에는 창상유발 직후에 비해 17.4% 정도 치유되었으며, 6일 경과 후에는 창상유발 직후에 비해 30.7% 정도가 치유되었다.

50 ㎂군은 창상유발 직후의 창상길이가 20.57±0.74 ㎜이었는데 미세전류자극을 1일 적용하였을 때는 창상길이가 17.81±0.92 ㎜로 13.4% 정도 치유되었고, 3일 적용 후에는 13.01±1.81 ㎜로 창상유발 직후에 비해 36.8% 정도 치유되었으며, 6일 적용 후에는 10.85±0.76 ㎜로 창상유발 직후의 창상길이에 비해 47.3% 정도 치유되었다.

100 ㎂군은 미세전류자극 적용 1일 후의 창상길이가 17.28±1.41 ㎜로 유발 직후의 창상길이 20.66±1.94 ㎜에 비해 16.4% 정도 치유되었고, 3일 적용 후에는 창상길이 15.03±1.78 ㎜로 창상유발 직후에 비해

27.3% 정도, 6일 적용 후의 창상길이는 12.56±1.19 ㎜로 유발 직후의 창상길이에 비해 39.2% 정도 치유되었다.

300 ㎂군은 미세전류자극을 1일과 3일, 6일 적용한 후에 각각 17.97±1.48 ㎜, 15.50±0.68 ㎜, 11.83±1.52 ㎜의 창상길이를 나타냈는데 창상유발 직후 20.19±1.16 ㎜에 비해 각각 11.0%, 23.2%, 41.4% 정도 치유되었다(표 2).

표 2. 집단 간 창상길이의 변화 (단위: ㎜)

집단	기 간			N
	1일	3일	6일	
대조군	18.55±0.51[a]	16.46±1.16	13.80±1.08	15
50 ㎂	17.81±0.92	13.01±1.81	10.85±0.76	15
100 ㎂	17.28±1.41	15.03±1.78	12.56±1.19	15
300 ㎂	17.97±1.48	15.50±0.68	11.83±1.52	15

[a]; 평균±표준편차

3. 자극기간에 따른 창상길이 변화의 반복측정된 이요인분산분석

미세전류자극을 1일, 3일, 6일 동안 적용한 후에 집단 간 창상길이의 변화를 분석한 결과, 각 집단의 미세전류자극 적용강도 50, 100, 300 ㎂와 미세전류자극 적용기간 1일, 3일, 6일의 두 요인 간의 교호작용은 존재하지 않았다($p>0.05$). 집단 간 창상의 길이 변화에서 유의한 차이가 나타났고($p<0.001$), 적용기간에 따라서도 유의한 차이가 나타났다($p<0.001$)(표 3)(그림 1).

집단 사이에서는 미세전류자극을 적용하지 않은 대조군에 비하여 미세전류자극을 50 ㎂로 적용한 실험군에서 창상길이가 유의하게 감소하였다. 미세전류자극 적용기간에서는 1일에 비하여 3일과 6일에서 창상길이가 유의하게 감소하였고, 3일에 비하여서는 6일에 창상길이가 유의하게 감소하였다.

표 3. 창상길이의 변화에 대한 반복측정된 이요인분산분석

변인	자유도	평방합	평방평균	F	p
집단	3	42.677	14.226	10.220	0.001
기간	2	318.466	159.233	94.863	0.000
집단 × 기간	6	16.308	2.718	1.619	0.174

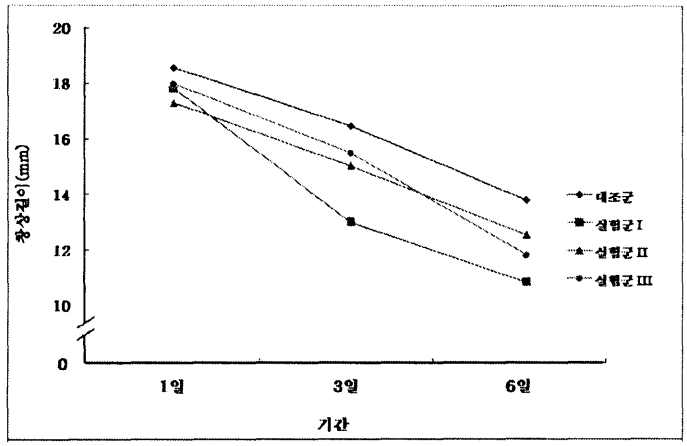

그림 1. 기간에 따른 집단 간 창상길이의 변화

4. 조직학적 소견

창상부위의 조직학적 변화를 관찰하기 위해 hematoxylin-eosin 염색(H&E 염색)과 toluidine blue 염색을 실시하고 광학현미경으로 조직을 관찰하였다(그림 2)(그림 3).

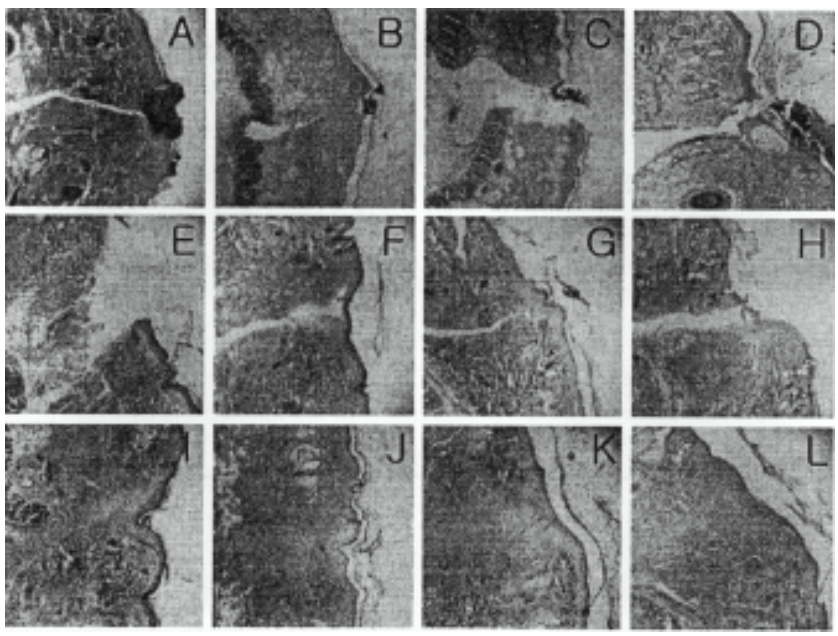

그림 2. 미세전류자극 적용 후 시간 경과에 따른 조직학적 변화(H&E 염색, ×40)

A; 1일 경과 후 대조군 B; 1일 경과 후 50 ㎂군 C; 1일 경과 후 100 ㎂군 D; 1일 경과 후 300 ㎂군

E; 3일 경과 후 대조군 F; 3일 경과 후 50 ㎂군 G; 3일 경과 후 100 ㎂군 H; 3일 경과 후 300 ㎂군

I; 6일 경과 후 대조군 J; 6일 경과 후 50 ㎂군 K; 6일 경과 후 100 ㎂군 L; 6일 경과 후 300 ㎂군

그림 2는 대조군과 실험군에서 창상유발 후 미세전류자극을 적용하였을 때 나타난 조직학적 변화를 H&E 염색을 하여 관찰한 사진이다. 미세전류자극 적용 후 1일이 경과하였을 때는 대조군과 미세전류자극을 적용한 모든 실험군에서 창상조직의 유합이 일어나지 않았다. 그러나 미세전류자극을 3일 적용한 후에는 대조군에 비하여 모든 실험군에서 창상치유가 뚜렷하게 진행됨을 확인하였다(E, F, G, H). 특히 100 ㎂군에서는 표피부위가 완전히 유합됨을 확인하였다. 그러나 진피조직은 유합되지 않음을 확인하였다(G). 6일 경과 후에는 대조군이나 미세전류자극을 적용한 실험군 모두에서 창상이 완벽하게 치유되는 것을 육안적으로 확인하였다. 조직학적으로 50 ㎂군이 치유속도가 빨랐고, 300 ㎂군은 대조군보다는 치유속도가 빨랐으나, 50 ㎂군이나 100 ㎂군보다는 치유속도가 느렸다.

고배율(×400)의 조직학적 소견에서도 미세전류자극 적용시간이 경과함에 따라 대조군에 비하여 50 ㎂군에서 창상유발 조직 주위에 혈구세포가 뚜렷하게 증가함을 확인하였다(그림 3).

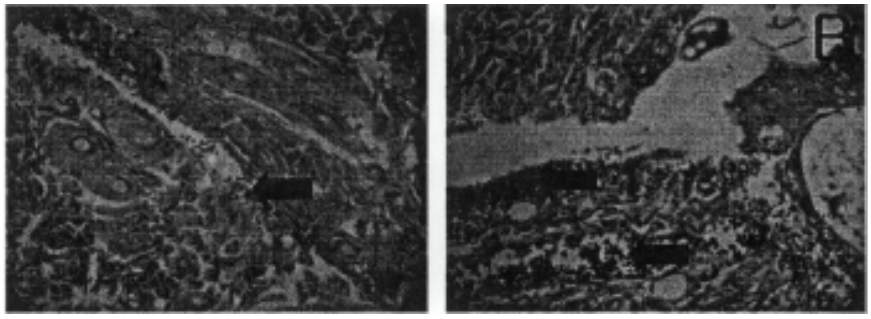

그림 3. 미세전류자극 3일 적용 후 창상조직 주위에 나타난 혈구세포(H&E 염색, ×400)

A: 대조군 B: 50 ㎂군 화살표: 혈구세포

Ⅳ. 고찰

창상이 있는 피부의 전기자극은 또한 혈관 밀도를 증가시키고, 관류를 증가시킴으로서 창상치유 속도를 빠르게 하고, 창상에 산소 공급량을 증가시키며, 육아조직(granulation)과 섬유모세포(fibroblast)의 활성을 증가시키는 것으로 보고되었다(Kloth, 2002). 따라서 본 연구에서는 여러 형태의 전기자극 중 미세전류를 사용하여 실험적으로 유발한 절개창상의 치유에 가장 효과적인 자극강도를 규명해 보고자 하였다.

창상치유 과정은 특정한 세 단계-염증기(inflammatory phase), 증식기(proliferative phase) 재형성기(remodelling phase)로 나눈다(Brounhton 등, 2006; Serhan 등, 2004; Schilling, 1976). Demir 등(2004)은 토끼에게 피부 전층까지 창상을 유발하고 300 ㎂의 지속적인 미세전류자극을 하루에 30분 적용한 군과 904 ㎚ 파장으로 6 ㎽의 레이저를 하루에 10분 적용한 군을 비교한 연구에서 두 가지 치료가 염증기, 증식기 및 재형성기에 모두 효과적이라고 하였으나 염증기에서는 레이저보다 미세전류자극이 좀 더 효과적이라고 보고하였다. 이러한 연구결과는 실험적으로 유발한 창상에 미세전류자극을 적용하여 창상치유가 촉진된 본 연구의 결과와 유사하다.

Bayat 등(2006)은 토끼에게 피부 전층 절개창상을 유발하고 200 ㎂의 미세전류자극을 매일 2시간씩 총 15일 동안 적용한 연구에서 창상치유 과정이 가속화된다는 연구결과를 발표하였는데, 본 연구에서도 비슷한 자극강도를 적용하여 6일째 되었을 때 창상이 거의 완벽하게 치유되는 것을 육안적, 조직학적으로 확인하였다. 한편, Stromberg (1988)는 극성에 따른 상처의 치유율과 수축율에 관한 연구에서 음극만을 적용한 실험군의 돼지보다 음극과 양극을 3일주기로 교대로 적용한 또 다른 실험군의 돼지에서 상처의 치유율과 수축율이 더 높았다고 보고하며 음극만을 적용한 전기자극은 상처의 수축율을 지체시키고 음극과 양극을 교대로 적용한 전기자극은 상처의 수축율 및 치유율에 매우 효과적이라고 주장하였다. 본 연구에서는 이러한 선행연구를 바탕으로 창상치유에 교번극성으로 미세전류자극을 적용하였다.

창상치유 과정에 사용되는 다양한 치료방법 중 미세전류자극은 창상치유 시간을 감소시키는데 효과적인 치료법이라고 알려져 있다(Frick 등, 2005). 높은 강도의 전기자극에 비해 미세전류자극은 세포 생리학적 과정을 향상시키는데 더 효과적이라는 보고가 있으며(Picker, 1989), 이러한 보고를 바탕으로 여러 연구가 진행되고 있다.

미세전류자극을 창상치유에 적용한 선행연구를 바탕으로 본 연구에서는 흰쥐의 등쪽에 선형 절개창상을 유발하였고, 동일한 5 pps의 맥동빈도 하에서 미세전류 강도를 각각 50 ㎂, 100 ㎂, 300 ㎂로 다르게 적용하여 강도의 변화와 적용기간에 따른 창상의 치유정도를 알아보았다. 실험군과 대조군에서 모두 창상이 유의하게 감소하였고, 실험군 중에서는 낮은 강도인 50 ㎂가 창상치유에 가장 효과적인 것으로 나타났다.

McMakin 등(2005)에 의하면 본 연구의

육안적 관찰 결과에서 미세전류자극을 적용한 실험군에서 대조군에 비해 발적, 부종 등의 염증성 소견이 관찰되지 않은 것은 미세전류자극을 적용하였을 때 통증완화와 함께 나타난 염증성 시토카인(inflammatory cytokine)의 감소, β-엔돌핀의 증가로 인한 항-염증 효과로 설명할 수 있다. 인간의 창상치유 과정에서 염증기가 7일 정도 되는 것을 고려하였을 때 미세전류자극을 창상치유 목적으로 적용하는 것은 시간적인 면이나 비용적인 면에서 효과적이라고 생각된다.

이상의 결과로 보아 낮은 강도의 미세전류자극이 창상의 치유과정에 더 효과적일 것이라고 판단된다. 본 연구의 결과가 창상치유에 효과적인 미세전류자극의 적용강도를 규명하는 데에는 기여하였다고 여겨지나, 창상치유의 세부과정에 대해서는 알아보지 못했다. 향후 분자생물학적, 세부적인 면역조직화학적 방법 등을 실시하여 창상치유 과정에 대해 좀 더 상세히 분석해 보아야 할 것이다. 또한, 창상치유에 효과적인 미세전류자극 주파수에 관한 연구도 수행되어야 할 필요성이 있다고 본다.

V. 결론

본 연구에서는 흰쥐의 등 쪽에 척주와 평행하게 요부 측면에 20 ㎜ 피부 전층(full thickness; epidermis and dermis)까지 종축방향으로 선상 절개하여 창상을 유발하고 5 pps의 동일한 맥동빈도에서 미세전류의 자극강도 50 ㎂, 100 ㎂, 300 ㎂가 창상치유에 미치는 영향을 미세전류자극 적용기간 1일, 3일, 6일에 따라 알아보기 위하여 육안적 변화, 조직학적 변화를 관찰하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 육안의 관찰에서 미세전류자극 적용 후 1일째까지는 모든 집단이 비슷한 소견을 보였다. 3일째부터는 대조군과는 다르게 모든 실험군에서 조직액이 약간씩만 스며나왔고, 발적, 부종 등의 염증성 소견은 보이지 않았다.
2. 미세전류자극을 적용하지 않은 대조군에 비하여 미세전류자극을 50 ㎂로 적용한 실험군 I에서 창상길이가 유의하게 감소하였다($p<0.001$). 미세전류자극 적용기간에서는 1일에 비하여 3일과 6일에 창상길이가 유의하게 감소하였고, 3일에 비하여 6일에서 창상길이가 유의하게 감소하였다($p<0.001$).

이상의 결과로 볼 때, 미세전류자극은 창상치유 과정을 촉진시키는데 효과적이고, 육안적 변화, 조직학적 변화, 면역조직화학적 결과를 관찰하였을 때, 창상치유 과정에서 100 ㎂, 300 ㎂의 자극강도보다는 50 ㎂의 자극강도가 더 효과적이었다. 따라서 창상치유 과정을 촉진하기 위해 미세전류자극을 적용 할 때에는 낮은 강도의 자극을 적용하는 것이 더 효과적이라고 본다.

참고문헌

Bayat M, Asgari-Moghadam Z, Maroufi M, Rezaie FS, Bayat M, Rakhshan M. : Experimental wound healing using microamperage electrical stimulation in rabbits. J Rehabil Res Dev, 43(2);219-226, 2006.

Brounhton G.2nd, Janis JE, Attinger CE. : Wound healing: An overview. Plast Reconstr Surg, 117(7S); 1e-S-32e-S, 2006.

Carley PJ, Wainapel SF. Electrotherapy for acceleration of wound healing: low intensity direct current. Arch Phys Med Rehabil, 66(7);443-46, 1985.

Chan HK, Fung DT, Ng GY. : Effects of low-voltage microamperage stimulation on tendon healling in rats. J of Orthop Sports Phys Ther, 37(7);399-403, 2007.

Chapman-Jones D, Hill D. : Novel microcurrent treatment is more effective than conventional therapy for chronic achilles tendinophathy. Physiotherapy, 88(8);471-80, 2002.

Cheng N, Van Hoof H, Bockx E, Hoogmartens MJ, Mulier JC, De Dijcker FJ, Sansen WM, De Loecker W. : The effect of electrical current on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport of rat skin. Clin Orthop, 171;264-72, 1982.

Demir H, Balay H, Kirnap M. : A comparative study of the effects of electrical stimulation and laser treatment on experimental wound healing in rats. J of Rehabil Res Dey, 41(2);147-54, 2004.

EI-Husseini T, EI-Kawy S, Shalaby H, EI-Sebai M. : Microcurrent skin patches for postoperative pain control in total knee arthroplasty: a pilot study. Int Orthop, 31(2); 229-33, 2007.

Frick A, McCauly DM. : Microcurrent electrical therapy. J of Equine Veterinary Science, 25(10);418-22, 2005.

Gabis L, Shklar B, Geva D. : Immediate influence of transcranial electrostimulation on pain and beta-endorphin blood levels:an active placebo-controlled study. Am J Phys Med Rehabil, 82(2);81-85, 2003.

Griffin JW., Tooms RE, Mendius RA, et al : Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. Phys Ther, 71(6);433-442, 1991.

Kitchen S. : Electrotherapy: Evidence based practice. 11th ed, 45-46, Churchill livingstone Co. 2002.

Kloth LC. : How to use electrical stimulation for wound healing. Nursing, 32(12);17, 2002.

Lambert MI, Marcus P, Burgess T, Noakes TD. : Electro-membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscle damage. Medicine and Science in Sports and Exercise, 34(4);602-7, 2002.

McMakin CR. : Microcurrent therapy: a novel treatment method for chronic low back myofascial pain. J Bodywork and Movement Therapies, 8;143-53,

2004.

McMakin CR, Gregory WM, Phillips TM. : Cytokine changes with microcurrent treatment of fibromyalgia associated with cervical spine trauma. J Bodywork and Movement Therapies, 9(3);169-76, 2005.

Owoeye I, Spielholz NI, Fetto J, Nelson AJ. : Low-intensity pulsed galvanic current and the healing of tenotomized rat achilles tendons: preliminary report using load-to- breacing measurements. Arch phys Med Rehabil, 68;415-18, 1987.

Picker RI. : Low-volt pulsed microamp stimulation: part I. Clin Man, 9;28-33, 1989.

Schilling J. : Wound healing. Surg. Clin North Am, 56;589, 1976.

Serhan C, Chiang N. : Novel endogenous small molecules as the check point controller in inflammation and resolution entree for resolemics. Rheum Dis Clin North Am, 30(1);69-95, 2004.

Stromberg BV. : Effects of electrical currents on wound contraction. Ann Plast Surg, 21(2);121-123, 1988.