

# 염증유발 백서에서 전침자극과 미세전류자극의 항-통각과민 효과

김영필, 이정우<sup>1</sup>, 서삼기<sup>1</sup>, 윤세원<sup>2</sup>, 윤희중<sup>3</sup>, 김태열<sup>4</sup>

동신대학교 대학원 물리치료학과 석사과정, <sup>1</sup>효인요양병원 물리치료실, <sup>2</sup>진주국제대학 물리치료학과, <sup>3</sup>목포과학대학 물리치료과, <sup>4</sup>동신대학교 보건복지대학 물리치료학과

## Anti-hyperalgesic Effects of Electroacupuncture Combination of Microcurrent Stimulation in Rat with Induced Inflammation

Young-Phil Kim, PT, MS; Jeong-Woo Lee, PT, PhD<sup>1</sup>; Sam-Ki Seo, PT, MPT<sup>1</sup>; Se-Won Yoon, PT, PhD<sup>2</sup>; Hui-Jong Yoon, PT, PhD<sup>3</sup>; Tae-Youl Kim, PT, PhD<sup>4</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate School of Donshin University; <sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Hyoin Sanatorium Hospital; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Callege of Health and Natural Science, Jinju International University; <sup>3</sup>Department of Physical Therapy, Mokpo Science College; <sup>4</sup>Department of Physical Therapy, College of Public Health and Welfare, Donshin University

**Purpose:** The purpose of this study were to examine the anti-hyperalgesic effects of combination of electroacupuncture and microcurrent on anti-hyperalgesia in local hyperalgesia zone. **Methods:** It used 24 rats for experiment, divided them into control group, electroacupuncture group (EA group), microcurrent group (MC group), combination of electroacupuncture with microcurrent (EA+MC group), caused hyperalgesia by injecting  $\lambda$ -carrageenan into hindpaw. Thickness of hindpaw, mechanical pain threshold (MPT), thermal pain threshold (TPT), noxious flexion withdrawal reflex (NFR) and somatosensory evoked potential (SEP) were measured immediately after induction, at 24 hours, 48 hours and 72 hours after induction. The electrical stimulation was given once a day for three days, 20min per session. **Results:** Change of thickness, MPT, and TPT showed significant difference in all groups compared to control group. In particular, there were remarkable difference in EA+ME group. In particular there were remarkable differences in EA group and EA+MC group. Change of NFR(% threshold, % reaction time, % RMS) and SEP showed mainly significant differences in EA group and EA+ME group compared to control group. In particular, there were remarkable difference in EA+ME group. **Conclusion:** The above results suggest that appropriate combination of microcurrent with electroacupuncture for pain control will be very desirable.

(J Kor Soc Phys Ther 2007;19(1):67-78)

**Key Words:** Electroacupuncture, Microcurrent stimulation, Hyperalgesia

### 1. 서론

조직손상은 일반적으로 통증 민감도(sensitivity)를 증가시키게 되고, 이것은 정상적으로 아픈 자극

을 더욱 더 아프게 만드는 통각과민(hyperalgesia)이 된다(Andrew Greenspan, 1999).

피부 손상 후에 통각과민은 두 가지 현상으로 나누어질 수 있는데, 일차 통각과민(primary hyperalgesia)은 손상부위에서 발생되고, 기계적 및 열적 자극에 대한 통각과민의 특징이 있으며, 이차 통각과민(secondary hyperalgesia)은 손상된 부위

논문접수일: 2006년 10월 14일  
수정접수일: 2007년 1월 5일  
게재승인일: 2007년 1월 31일  
교신저자: 김태열, ptcep@hanmail.net

주변에 발생되고, 오직 기계적인 통각과민의 특징이 있다. 또한 염증성 진행으로 인한 통각과민은 일차 통각과민에 해당하고, 관련통과 신경병증성 통증(neuropathic pain)으로 인한 통각과민은 이차 통각과민과 비슷하다(Treede 등 1992).

이러한 통각과민의 기전은 말초 기전과 중추 기전으로 나누어 설명되어진다. 염증과 화상 후에 유해성 수용기의 민감화는 통각과민의 말초 기전이며(Andrew와 Greenspan, 1999), 염증성 진행 등으로 인해 일차 구심신경에서 자발적 신경임펄스가 발생하여 척수 내 체성감각신경의 민감화가 나타나 중추성 민감화(central sensitization)가 유도되는(Dickenson 등, 1997; Laird 와 Bennett, 1993) 현상은 중추 기전으로 생각 할 수 있다.

오래전부터 최근에 이르기 까지 통각과민을 해결하기 위한 다양한 방법들이 시도되어져 오고 있는데, 침(acupuncture)은 외상 등에 의한 염증 및 통증조절에 많이 사용해 왔으며, 이러한 효과는 중추신경계에서 내재성 아편물질(endogenous opioids)의 활성화에 의한 것으로 보고되고 있다(Han, 1993).

Zhang 등(2005)은 전침자극(electroacupuncture)은 통증조절을 위한 전기자극 중 비 침습적 방법인 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)과 함께 가장 자주 쓰이는 침습적 방법으로 항-통각과민 및 항-염증효과(anti-hyperalgesic effect)가 매우 큰 것으로 보고되고 있다.

전침자극은 중추신경계에서 내재성 아편물질과 관련하여 다양한 반응을 유발시키는데 2 Hz 정도의 낮은 빈도에서는 뇌와 척수 수준에서  $\mu$  와  $\delta$  receptor와 관련하여 enkephalin과  $\beta$ -endorphin의 분비하며, 100 Hz 정도의 높은 빈도에서는 척수후각(dorsal horn)에서  $\kappa$  receptor와 관련하여 dynorphin을 분비하여 하행성 통증조절 기전으로 작용하는 것으로 보고되고 있다(Huang 등 2000; Chen과 Han, 1992).

따라서 체성감각영역(somatic receptive field)에 대한 전기자극이 척수수준 및 피질 수준의 유해성 신경원의 활성도를 억제시킬 수 있는데, 사람

을 대상으로 한 실험에서는 전침자극이 체성감각 유발전위의 진폭을 유의하게 감소시키는 것으로 보고하였다(Meissner 등, 2004).

Picker (1985)는 미세전류(microcurrent)는 자극감을 느낄 수 없는 아감각성 자극(subsensory stimulation)의 한 형태로 통증, 종창, 염증, 창상 등 급성 병변에 가장 보편적으로 적용되며, 퇴행성 관절염, 섬유근통증후군, 근근막통증, 반사적 교감성 이영양증 등과 같은 만성 통증에도 효과적이다(Smith, 2001).

미세전류는 인체 내부에서 세포의 민감한 채널을 통해 세포막 전위차를 만들어 세포막을 열게 하여  $Ca^{2+}$  이온을 세포 막내로 이동시킨다.

이동된  $Ca^{2+}$ 이온에 의한 화학적인 과정을 통하여 ATP(adenosine triphosphate)와 단백질 생성을 증가시켜 세포의 복원과 치유를 촉진시킨다(Chang 등, 1982). 미세전류의 조직치유 기전에 대한 연구는 조직손상에 따른 생체전기(bio-electricity) 현상이 발견되면서부터 알려지기 시작하였다.

외상에 의해 조직이 손상 받으면 세포전위에 영향을 주게 되며 초기에는 손상부위가 주변부 보다 전기적으로 저항이 증가된다(Becker, 1985).

이러한 현상이 염증반응의 출현에 대한 한 가지 이유로 해석될 수 있으며, 손상부위는 통증, 열감, 종창, 발적 등과 같은 염증조직의 특성을 나타내는데 전류의 흐름은 이러한 뜨거운 염증성 체액을 따라 쉽게 통과될 수 있다.

따라서 미세전류의 적용은 손상부위에 내재성 전류흐름을 증가시키게 되는데, 그 이유는 손상된 조직의 저항을 감소시켜 생체전류가 항상성 회복 부위로 쉽게 흐를 수 있게 하여 세포용량을 정상적으로 회복시키게 된다(Frick과 McCauley, 2005).

따라서 본 연구에서는 통증조절 기전이 중추수준에서 작용하는 전침자극과 세포수준에서 작용하는 미세전류의 단독 적용 또는 병용에 의한 항-통각과민 효과의 차이를 규명하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험동물

실험군의 분류는 Table 1과 같다. 실험동물은 체중이  $247.3 \pm 2.68$  g의 8주령 Sprague-Dawley계 백서 24마리를 분양받아 1주일간 안정시킨 후 사용

하였다. 사육실의 온도는  $22 \pm 1$  °C, 습도  $55 \pm 10$  %를 유지 하였으며, 명암은 12시간 주기로 하였으며 고형사료와 물은 자유롭게 먹도록 하였다.

실험동물에 통각과민을 유발시킨 후 대조군(I), 전침자극군(II), 미세전류자극군(III), 미세전류 및 전침자극군(IV)으로 구분하여 각 군에 무작위로 6마리씩을 배정하였다.

Table 1. Experimental group

Group	Characteristic	N
I	Control group	6
II	Electroacupuncture	6
III	Microcurrent stimulation	6
IV	Microcurrent stimulation + Electroacupuncture	6

### 2. 실험방법

#### 1) 통각과민 유발

백서의 족부에 염증을 유발하기 위하여 ether를 이용하여 흡입마취 시킨 후 족부에 1 %의  $\lambda$ -carrageenan을 0.1 ml를 주입하고 24시간 후에 다시 동일한 방법으로 추가 주입하였다.

#### 2) 족부의 부종 측정

족부 부종의 변화를 알아보기 위하여 Digimatic Caliper(Mitytoyo Inc., Japan)를 이용하여 두께를 측정하였다. 각 군에서 통각과민 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 3회씩 측정하여 평균값을 사용하였다.

#### 3) 기계적 통각역치 측정

기계적 통각역치 측정은 von Frey filament(North Coast Medical Inc., Touch-Test Sensory Evaluation, USA)를 이용하였다. 백서를 대상으로 4, 6, 15, 26, 60, 100, 180 g의 monofilament를 사용하여 염증을 유발시킨 족부에

압력이 낮은 것부터 자극하여 최소 압통각을 유발하는 압력 수준을 측정하였다(Sluka & Chandran, 2002).

측정 시 monofilament의 끝이 백서의 족부에 접촉된 상태에서 약간 휘어질 정도의 압력으로 적용하였으며, 백서의 적용을 막기 위해 실험간 간격은 최소 2분으로 하였다. 측정은 통각과민 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간 동안 실시하였다.

#### 4) 열 통각역치 측정

열 통각역치는 hot plate(DJM Inc, Korea)를 이용하여 30°C 온도에서 10분간 적용시킨 후 다시 50°C로 상승시켜 발판위에 백서를 올려놓고 뒷발을 활거나 바닥에서 들어 올리는 반응이 나타나는 시간을 측정하였다.

반응 측정시간은 조직의 손상을 방지하기 위하여 30초 이내로 제한하였으며, 3회를 측정하여 평균값을 이용하였다(Sugden, 1983). 측정은 통각과민 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시하였다.

**5) 유해성 굴곡회피반사**

유해성 굴곡회피반사의 측정은 ether로 흡입 마취를 지속적으로 하면서 시행하였다. 백서를 마취한 후 유해성 굴곡회피반사 활동전위는 한 쌍의 단극형 전극(Biopac system, EL450, USA)을 사용하여 백서의 대퇴이두근에 삽입하고 EMG100C amplifier module(Biopac system, USA)을 통하여 기록하였다. 접지전극은 꼬리에 부착하였다.

STIM100C stimulator module 과 STIMSOC (Biopac system, USA)를 이용하여 한 쌍의 단극형 전극을 통각과민 유발부위인 족저부에 삽입한 후 전기자극 하여 회피반사가 유발되는 전기적 통각역치를 결정한다음, 통각역치의 1.5배로 자극하여 근전도 모니터에서 유해성 굴곡회피반사 활동전위가 나타나면 저장하였다.

활동전위를 기록하기 위한 조건은 high pass filter 500 Hz, low pass filter 10 Hz, gain 1000  $\mu V$ , sample rate 1000 Hz, 하였고 noise voltage는 0.2  $\mu V$ 이었고 60 Hz의 notch-filter를 사용하였다. 검사자극은 단일 사각형 파로 2 ms 맥동기간으로 하였다. 유해성 굴곡회피반사의 분석은 Acqknowledge 3.8.1. program을 이용하여 잠복기, 반응시간, 실효치 진폭을 분석하였으며, 측정은 통각과민 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시하였다.

**6) 체성감각 유발전위 검사**

체성감각 유발전위는 진단용 EMG(Sierra II, Cadwell, USA)를 이용하여 측정하였다. 먼저 백서를 마취시킨 후 한 쌍의 monopolar needle을 이용하여 통각과민이 유발 된 족부에 삽입하였다. 유발전위 기록을 위해 전극배치는 international 10-20 system을 이용하였는데, 피하전극을 사용하여 활동전극은 두개부의 CZ, 참고전극은 Fpz에 삽입하였으며, 접지전극은 외이에 배치하였다. 활동전위를 기록하기 위해 high filter는 100 Hz , low filter는 1 Hz, gain은 2  $\mu V$ , sweep은 100 ms, sample rate는 200회로 설정하였다. 측정은 통각과민 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시하였다.

**7) 전침자극 및 미세전류 자극**

전침자극은 백서의 GB 30에 침(동방침구, 한국)을 10mm 깊이로 삽입하고 집게전극을 이용하여 전침자극기(Miyopoint, II)에 연결시켰다(Zhang, 2004). 자극매개변수로 맥동빈도는 2 pps, 맥동기간은 0.1 ms로 하였으며, 근육에서 약간의 연축이 일어날 정도의 강도로 20분 간 자극하였다.

미세전류자극은 통각과민 유발 부위인 족저부에 직경이 5 mm인 디스크전극을 이극배치하고 미세전류자극기(Intelect 600MP, CHATTANOOGA, USA)에 연결시켰다. 자극매개변수로 주파수는 100 Hz, 경사시간은 0.5sec., 파형은 이상파(biphasic wave)로 극성교대를 2.5sec.로 하였으며, 자극강도를 100  $\mu A$ 로 하여 20분 간 자극하였다.

전침 및 미세전류 자극은 부종 유발 직후부터 매일 1회 총 3회 실시하였다.

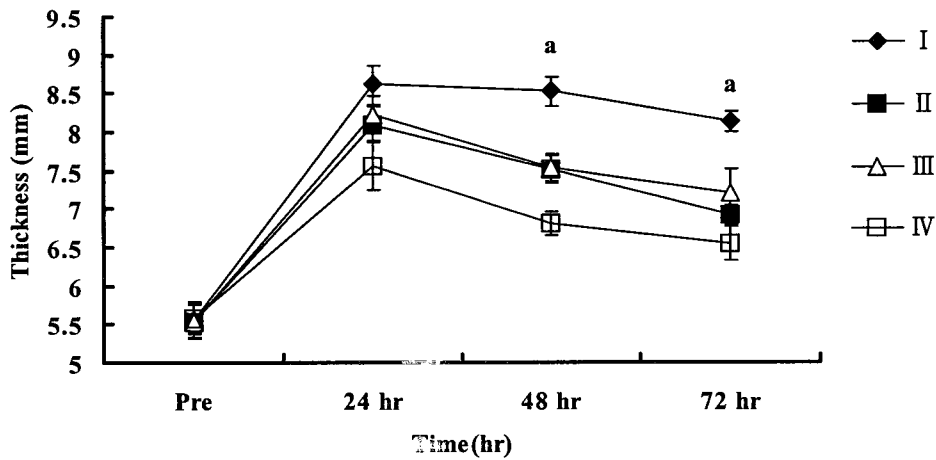
**3. 통계방법**

본 연구의 통계는 SPSS/PC 12.0을 이용하여 처리하였다. 각 측정 항목의 정규분포 유·무를 알기 위하여 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규 분포가 인정되어, 각 측정항목들의 측정시기별 군 간의 차이는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)으로 분석하였으며, 사후검정은 Tukey 검정을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

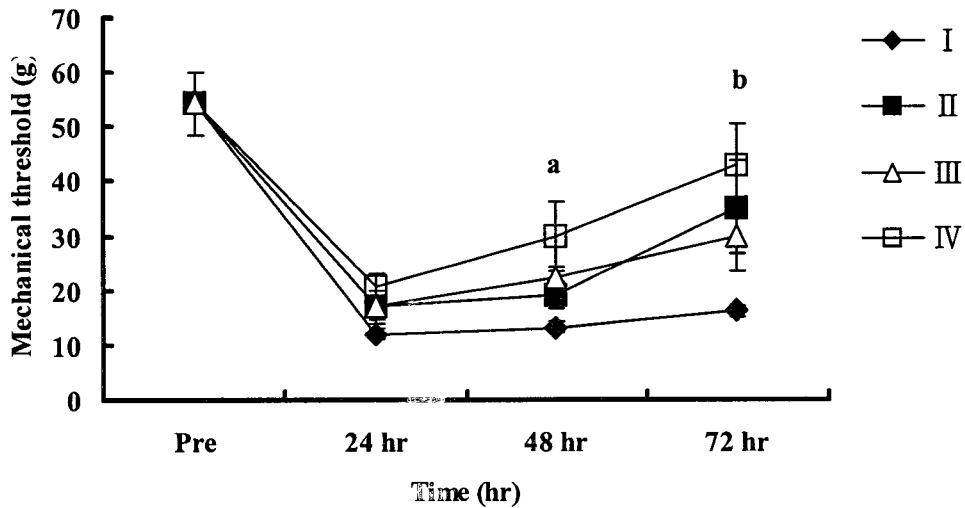
**III. 결 과**

**1. 족부의 부종 변화**

족부의 부종 변화에 대한 일원 분산분석에서 통각과민 유발 후 24시간에는 대조군에 비해 모든 실험군에서 감소가 나타났으나 유의한 차이는 없었다. 유발 후 48시간( $p < 0.001$ ), 72시간( $p < 0.001$ )에서는 각 군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후 검정에서 48시간과 72시간에 I 군에 대해 모든 실험군이 유의한 차이를 나타내었다(Figure 1).



**Figure 1.** Comparison of thickness before and after treatment among groups. Values are mean±S.E. There were significant differences among groups in post 48hr( $p<0.001$ ), and in post 72hr( $p<0.001$ ).  
<sup>a</sup>: significant differences from group I  
 Group I : Control , Group II : Electroacupuncture , Group III: Microcurrent stimulation  
 Group IV: Microcurrent stimulation+Electroacupuncture



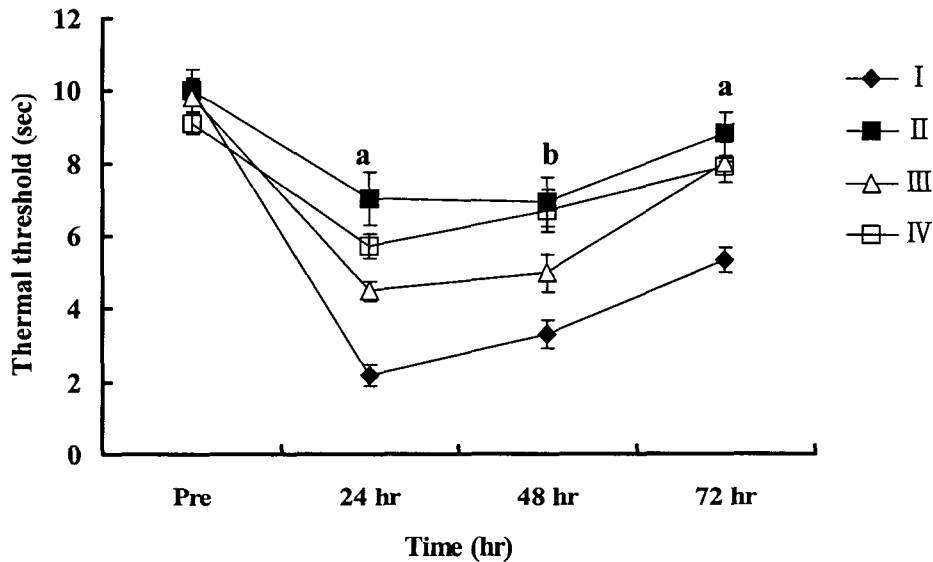
**Figure 2.** Comparison of mechanical pain threshold before and after treatment among groups. Values are mean±S.E.. There were significant differences among groups in post 24hr( $p<0.05$ ), in post 48hr( $p<0.001$ ), and in post 72hr( $p<0.05$ ).  
<sup>a</sup>: significant differences between group I and group IV .  
<sup>b</sup>: significant differences from group I .  
 Group I : Control , Group II : Electroacupuncture , Group III: Microcurrent stimulation  
 Group IV: Microcurrent stimulation+Electroacupuncture

## 2. 기계적 통각역치의 변화

기계적 통각역치의 변화에 대한 일원 분산분석에서 통각역치 유발 후 48시간( $p < 0.05$ )에는 I군과 IV군 사이에서, 유발 후 72시간( $p < 0.05$ )에는 I군과 모든 실험군 사이에서 유의한 차이가 나타났다(Figure 2).

## 3. 열 통각역치의 변화

열 통각역치의 변화에 대한 일원 분산분석에서 유발 후 24시간( $p < 0.001$ ), 48시간( $p < 0.001$ ), 72시간( $p < 0.01$ )에서 군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후 검정에서 유발 후 24시간에는 I군과 모든 실험군 사이에서, 48시간에는 I군과 II군 및 IV군 사이에서, 72시간에는 I군과 모든 실험군 사이에서 유의한 차이가 나타났다(Figure 3).



**Figure 3.** Comparison of thermal pain threshold before and after treatment among groups. Values are mean  $\pm$  S.E.. There were significant differences among groups in post 24hr ( $p < 0.001$ ), post 48hr ( $p < 0.001$ ), and in post 72hr ( $p < 0.01$ ).

<sup>a</sup>: significant differences from group I ,

<sup>b</sup>: significant differences between group I and group II, group I and group IV.

Group I : Control , Group II : Electroacupuncture , Group III : Microcurrent stimulation

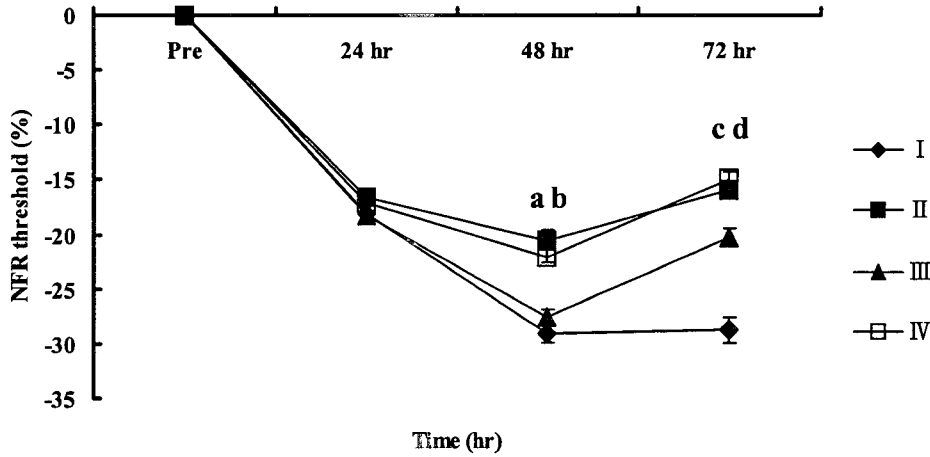
Group IV : Microcurrent stimulation + Electroacupuncture

## 4. 유해성 굴곡회피반사

### 1) 유해성 굴곡회피반사의 역치변화

역치 변화에 대한 일원 분산 분석에서 통각과민 유발 후 24시간에는 유의한 차이가 없었으며, 유발 후 48시간( $p < 0.001$ ), 72시간( $p < 0.001$ )에서

실험군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후 검정에서 유발 후 48시간에는 I군과 II군 및 IV군, III군과 II군 및 IV군 사이에서, 72시간에는 I군과 모든 실험군 사이에서, III군과 IV군 사이에서 유의한 차이가 나타났다(Figure 4).



**Figure 4.** Comparison of NFR threshold before and after treatment among groups. Values are mean±S.E.. There were significant differences among groups in post 48hr( $p<0.001$ ), and in post 72hr( $p<0.001$ ).

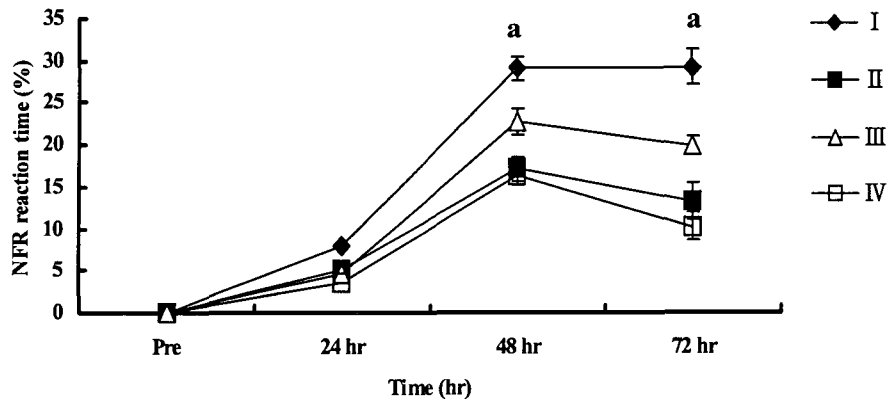
- a: significant differences between group I and II, group I and IV
- b: significant differences between group III and II, group III and IV
- c: significant differences from group I
- d: significant differences between group III and IV
- Group I : Control
- Group II : Electroacupuncture
- Group III: Microcurrent stimulation
- Group IV: Microcurrent stimulation+Electroacupuncture

## 2) 유해성 굴곡회피반사의 반응시간 변화

반응시간 변화에 대한 일원 분산분석에서 통각과민 유발 후 24시간에는 유의한 차이가 없었으며, 유발 후 48시간( $p<0.001$ ), 72시간( $p<0.001$ )에서 실험군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후검정에서 유발 후 48시간, 72시간에는 I군과 II군 및 IV군에 대하여 유의한 차이가 나타났다 (Figure 5).

## 3) 유해성 굴곡회피반사의 실효치 진폭 변화

실효치 진폭 변화에 대한 일원 분산분석에서 통각과민 유발 후 24시간에는 유의한 차이가 없었으며, 유발 후 48시간( $p<0.01$ ), 72시간( $p<0.001$ )에서 실험군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후검정에서 유발 후 48시간, 72시간에는 I군과 II군 및 IV군에 대하여 유의한 차이가 나타났다 (Figure 6).

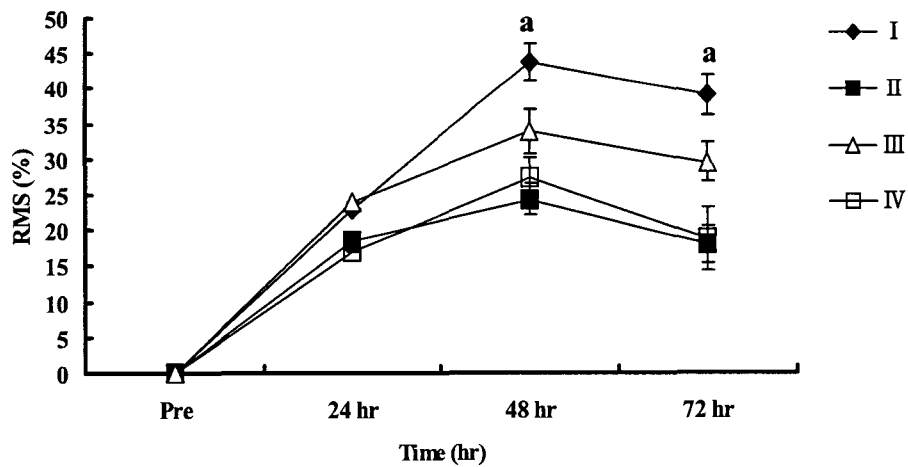


**Figure 5.** Comparison of NFR reaction time before and after treatment among groups. Values are mean  $\pm$  S.E.. There were significant differences among groups in post 48hr ( $p < 0.001$ ), and in post 72hr ( $p < 0.001$ ).

<sup>a</sup>: significant differences between group I and II, group I and IV

Group I : Control , Group II : Electroacupuncture , Group III : Microcurrent stimulation

Group IV : Microcurrent stimulation + Electroacupuncture



**Figure 6.** Comparison of RMS before and after treatment among groups. Values are mean  $\pm$  S.E.. There were significant differences among groups in post 48hr ( $p < 0.01$ ), and in post 72hr ( $p < 0.001$ ).

<sup>a</sup>: significant differences between group I and II, group I and IV

Group I : Control

Group II : Electroacupuncture

Group III : Microcurrent stimulation

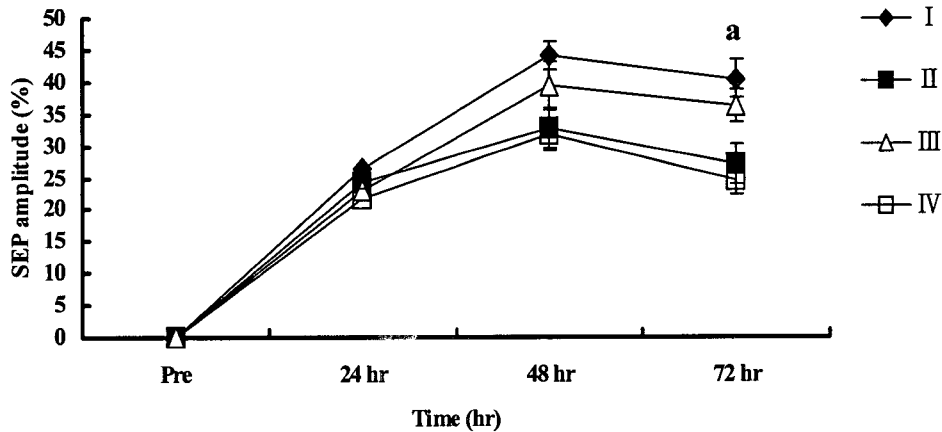
Group IV : Microcurrent stimulation + Electroacupuncture



4) 체성감각 유발전위의 진폭 변화

진폭 변화에 대한 일원 분산분석에서 통각과민 유발 후 24, 48시간에는 유의한 차이가 없었으

며, 유발 후 72시간( $p < 0.001$ )에서 실험군 간에 유의한 차이가 나타났다. 사후 검정에서 유발 후 72시간에는 II, IV군이 I, III군에 대하여 유의한 차이가 나타났다(Figure 7).



**Figure 7.** Comparison of SEP amplitude before and after treatment among groups. Values are mean  $\pm$  S.E.. There were significant differences among groups in post 48hr ( $p < 0.05$ ), and in post 72hr ( $p < 0.001$ ).

<sup>a</sup>: significant differences between group I and II, group I and IV

Group I : Control

Group II : Electroacupuncture

Group III: Microcurrent stimulation

Group IV: Microcurrent stimulation + Electroacupuncture

IV. 고찰

외상, 수술 또는 염증에 의해 유발되는 통각과민은 유해성 자극에 의해 비정상적인 심한 통증을 유도하며, 시간의 경과에 따라 손상 초기에는 유해성 수용기의 민감화에 의한 전형적인 말초성 민감화(peripheral sensitization)가 나타나고, 이후 수 시간에서 수 주 동안 유해성 감각이 지속적으로 투입되면 중추신경계 신경원의 반응을 증가시키는 중추성 민감화(central sensitization)가 진행된다(Sandkuhler 등, 2000). 그러므로 손상부위는 어느 정도 치유되더라도 중추성 민감화에 의해 장기간 지속되는 통각과민 증상이 남아 있으면 통증 치료가 매우 어려워지기 때문에 중추신경계에서

내재성 아편물질의 유리를 촉진시켜 진통을 유발시키는 전침자극과 같은 하행성 통증조절 기전에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다(Oliveira와 Prado, 2000). 따라서 본 연구에서는 통각과민을 유발한 백서를 대상으로 중추성 통증억제 기전으로 설명되어지는 전침자극의 단독 적용과 말초성 억제기전으로 이해되는 미세전류의 병용에 의한 항-통각과민 효과의 차이를 알아보기 위하여 족부중, 통각역치, 중추신경원의 흥분성 변화를 통각과민 유발 직후, 유발 후 24시간, 유발 후 48시간, 유발 후 72시간에 각각 측정하였다.

Zhang 등(2005)은 낮은 빈도(10 Hz)와 높은 빈도(100 Hz)의 전침자극은 백서의 족부 통각과민을 억제한다고 보고하였다. Resende 등(2004)은 백서

의 족부에  $\lambda$ -carrageenan을 주입한 후 급성기에서 낮은 빈도(10 Hz)의 전기자극과 높은 빈도(130 Hz)의 전기자극을 각각 20분 적용한 결과 부종 감소에는 효과가 없지만 통각과민에는 유의한 효과가 있는 것으로 보고 하였다. 그러나 Zhang 등(2004)의 연구에서는 전침자극을 한 결과 통각과민 유발 후 5시간에서 부종이 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 대조군에 대하여 모든 실험군이 24시간대부터 유의한 차이를 보였으며, 특히 전침자극과 미세전류를 병용한 군에서 많은 감소를 보였다.

Ainsworth 등(2006)은 전기자극에 의한 항-통각과민 효과를 알아보기 위하여 근육에 통각과민을 유발한 2주 후에 높은 빈도(100 Hz)와 낮은 빈도(4 Hz)의 경피신경전기자극을 적용하고 기계적 통각역치를 측정된 결과에서 오랜 기간 동안의 통각과민을 감소시킨다고 보고하였다. 본 실험에서도 기계적 통각역치 변화는 통각과민 유발 후 24시간대에서 모든 실험군의 역치가 감소하였다가 점차 회복되는 양상을 보였으며, 특히 전침자극과 미세전류를 병용한 치료군에서 더 많은 증가를 보였다. Sluka와 Chandran(2002)은 백서의 족부에 3 %  $\lambda$ -carrageenan을 주입하여 통각과민을 유발한 후 낮은 빈도와 높은 빈도의 전기자극시 기계적 및 열적 통각역치의 변화를 측정된 결과에서 대조군에 비해 모든 실험군이 유의한 차이를 보여 기계적 통각역치와 열적 통각역치를 증가시키는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 열적 통각역치 변화에서 염증 유발 후 24시간대에서 모든 실험군의 역치가 감소하였다가 점차 회복되는 양상을 보였으며, 48시간대에서 전침자극과 전침과 미세전류를 병용한 실험군에서 더 많은 증가를 보였다. 따라서 통각과민 부위에 전침과 미세전류의 병용이 중추신경계에서 내재성 아편물질의 유리를 촉진과 말초병변부의 염증활성화를 억제시켜 역치상승에 도움이 된 것으로 생각된다.

통각과민에 대한 전기자극 또는 약물의 척수 및 상척수 신경회로에서의 유해성 자극에 대한 중추기전을 알아보기 위하여 유해성 굴곡회피반

사(Gozariu 등, 1996; 김용익 등, 2001; Seybold 등, 2003; Zhu 등, 2004)와 유해성 체성감각 유발전위(Lopez 등, 2004) 측정을 사용한다. 유해성 굴곡회피반사에 대한 전기자극의 효과를 연구한 보고서에서 김수현 (2006)은 백서의 족부에 열 자극에 의한 통각과민을 유발 시킨 후 고전압맥동전류를 적용한 결과에서 일차통각과민대의 유해성 굴곡회피반사의 실효치 진폭이 유발 후 48시간부터는 현저히 감소한다고 하였다. 본 연구에서는 유해성 굴곡회피반사의 잠복시는 모든 실험군에서 유의한 변화가 없었으나 유발역치, 반응시간, 실효치 진폭은 유발 후 48시간 이 후부터 전침을 적용한 군과 전침자극과 미세전류를 병용한 실험군이 다른 실험군에 대하여 유의한 차이를 보였다. Meissner 등(2004)은 손가락에 전기자극으로 통증을 유발한 후 전침자극을 통하여 유해성 자극에 대한 체성감각 유발전위의 진폭이 유의하게 감소된다고 보고하였다. 본 연구에서도 체성감각 유발전위 진폭의 변화가 유발 후 48시간대부터 감소하기 시작하였으며 유발 후 72시간에서는 전침자극을 단독 적용하거나 전침자극과 미세전류를 병용한 실험군에서 진폭의 감소가 현저하였다.

이상의 결과에서 중추성 통증억제 작용을 하는 전침자극과 말초수준에서 작용하는 미세전류의 병용이 모두 항-통각과민 효과가 있는 것으로 나타났으며, 전침자극과 미세전류자극의 병용이 항-통각과민 효과를 더욱 상승시키는 것으로 나타났다.

## V. 결 론

본 연구에서는 통각과민이 유발된 백서에서 주로 중추기전에 의해 항-통각과민 효과를 나타내는 전침자극과 세포수준에서 작용하는 미세전류자극의 단독 적용 및 병용이 모두 통각과민을 억제하는 효과가 있었으며, 특히 전침자극과 미세전류자극의 병용 시 항-통각과민 효과는 더욱 향상되는 것으로 나타났다. 따라서 통증조절을 위한 전침자극 시 미세전류의 병용이 항-통각과

민에 미치는 효과에 대한 임상연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 김수현. 고전압맥동전류가 통각과민 백서의 통각 역치와 유해성 굴곡반사의 변화에 미치는 영향. 동신대학교 대학원 석사학위논문, 2006.
- 김용익, 이상원, 임정순 등. 정상인에서 고빈도의 무통증성 경피적 신경자극이 RIII nociceptive flexion reflex와 temporal summation에 미치는 영향. 대한통증학회지. 2001;14(1): 19-25.
- Andrew D, Greenspan JD. Mechanical and heat sensitization of cutaneous nociceptors after peripheral inflammation in the rat. *J. Neurophysiol.* 1999;82(5):2649-56.
- Ainsworth L, Budelier K, Clinesmith M et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) reduces chronic hyperalgesia induced by muscle inflammation. *Pain.* 2006;120(1-2): 182-7.
- Becker RO. *The Body Electric.* New York, William Morrow and Co, 1985.
- Cheng N, Van Hoof H, Bockx E et al. The effects of electric currents on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport of rat skin. *Clin Orthop.* 1982;(171):264-72.
- Chen XH, Han JS. Analgesia induced by electroacupuncture of different frequencies is mediated by different types of opioid receptors: another cross-tolerance study. *Behav Brain Res.* 1992;47(2):143-9.
- Dickenson AH, Chapman V, Green GM. The pharmacology of excitatory and inhibitory amino acid-mediated events in the transmission and modulation of pain in the spinal cord. *Gen Pharmacol.* 1997 ;28(5):633-88.
- Frick A. & McCauley D. Microcurrent electrical therapy. *Journal of Equine. Veterinary Science.* 2005; 418-22.
- Gozariu M, Bustamante D, Le Bars D et al. Effects of clonidine on a C-fibre reflex in the rat. *European Journal of Pharmacology.* 1996;313(1-2):51-62.
- Han JS. Acupuncture and stimulation produced analgesia. In: *Handbook of Experimental Pharmacology.* New York: Springer-Verlag 1993.; 105-125.
- Huang XQ, Jiang HL, Luo XM et al. Study on mechanism of interaction of nociceptin and opioids binding with opioid receptor-like 1 receptor. *Acta Pharmacol Sin.* 2000;21(6):536-46.
- Laird JM, Bennett GJ. An electrophysiological study of dorsal horn neurons in the spinal cord of rats with an experimental peripheral neuropathy. *J. Neurophysiol.* 1993;69(6):2072-85.
- Lopez S, Privat A, Bernard N et al. Intrathecal bupivacaine protects against extension of lesions in an acute photochemical spinal cord injury model. *Can J Anaesth.* 2004;51(4):364-72
- Meissner W, Weiss T, Trippe RH et al. Acupuncture decreases somatosensory evoked potential amplitudes to noxious stimuli in anesthetized volunteers. *Anesth Analg.* 2004;98(1):141-7.
- Oliveira R, Prado WA. Anti-hyperalgesic effect of electroacupuncture in a model of post-incisional pain in rats. *Braz J Med Biol Res.* 2000;33(8):957-60.
- Picker RI. Low-volt pulsed micro-amp stimulation. [www.holman.net/rifetechnolgy](http://www.holman.net/rifetechnolgy). 1985
- Resende MA, Sabino GG, Candido CR et al. Local transcutaneous electrical stimulation (TENS) effects in experimental inflammatory edema and pain. *Eur J Pharmacol.* 2004;504(3):217-22.
- Sandkuhler J, Benrath J, Brechtel C et al. Synaptic mechanisms of hyperalgesia. *Prog Brain Res.* 2000;129:81-100.
- Seybold VS, Jia YP, Abrahams LG. Cyclo-oxygenase-2 contributes to central sensitization in rats with peripheral inflammation. *Pain.* 2003;105(1-2):47-55
- Smith RB. Is microcurrent stimulation effective in pain

- management An additional perspective. *AJPM*. 2001;11(2):64-68.
- Sluka KA, Chandran P. Enhanced reduction in hyperalgesia by combined administration of clonidine and TENS. *Pain*. 2002;100(1-2):183-90.
- Sugden D. Psychopharmacological effects of melatonin in mouse and rat. *J Pharmacol Exp Ther*. 1983;227(3):587-91.
- Treede RD, Meyer RA, Raja SN et al. Peripheral and central mechanisms of cutaneous hyperalgesia. *Prog Neurobiol*. 1992;38(4):397-421.
- Zhang RX, Lao L, Wang X et al. Electroacupuncture combined with indomethacin enhances antihyperalgesia in inflammatory rats. *Pharmacol Biochem Behav*. 2004;78(4):793-7.
- Zhang RX, Wang L, Wang X et al. Electroacupuncture combined with MK-801 prolongs anti-hyperalgesia in rats with peripheral inflammation. *Pharmacol Biochem Behav*. 2005;81(1):146-51.
- Zhu B, Xu WD, Rong PJ et al. A C-fiber reflex inhibition induced by electroacupuncture with different intensities applied at homotopic and heterotopic acupoints in rats selectively destructive effects on myelinated and unmyelinated afferent fibers. *Brain Res*. 2004;1011(2):228-37