

수술적 방법으로 유도된 3단계 高度 발목염좌 모델에서 穴位에 따른 전침효과의 비교

양승범¹ · 손인철¹ · 이성호² · 조상훈³ · 김재효¹

¹원광대학교 한의과대학 경혈학교실, ²예원예술대학교 생활체육과, ³명지대학교 사회교육원

Comparison Study for Analgesic Effects of Electroacupuncture on Surgical Ankle Sprain Model Classified as Grade 3 in Rats

Seung-Bum Yang¹, In-Chul Sohn¹, Sung-Ho Lee², Sang-Hoon Cho³, Jaehyo Kim¹

¹Department of Meridian & Acupoint, College of Korean Medicine, Wonkwang University,

²Department of Sports and Leisure Studies, Yewon Arts University, ³Institute of Continuing Education, Myongji University

Objectives : The purpose of this study was to determine whether electroacupuncture(EA) is effective in reducing pain on the severe ankle sprain classified as grade 3 in rats. **Methods :** The severe(grade 3) ankle sprain model was induced surgically by ankle ligament injury(the anterior talofibular, the calcaneofibular and the posterior talofibular) in the Sprague-Dawley rats(180~250 g). The effects of EA on weight bearing forces(WBR) of the affected foot were examined in a rat model of ankle sprain. EA was applied to either SI6, ST37, GB34, GB39 or GB42 acupoints by trains of electrical pulses(2 Hz, 1 ms pulse width, 2 mA intensity) for 15 min. **Results :** Cutting of the lateral ankle ligament complex produced the severe ankle sprain symptoms as grade 3. EA of the contralateral SI6 resulted in more analgesic effect than one of ipsilateral SI6 even though there was significant effect. EA of the ipsilateral GB34 and GB39 produced potent analgesic effects on the surgical ankle sprained pain behaviors. However, there were no significant analgesic effects in the contralateral GB34 and GB39 EA groups. In addition, both side of ST37 and GB42 did not result in analgesic effect on the surgical ankle sprained rat. **Conclusions :** The data suggest that EA induced analgesia shows point specificity on the severe ankle sprained pain model classified as grade 3.

Key words : ankle sprain, electroacupuncture, SI6, GB34, GB39, point specificity

서 론

발목염좌(ankle sprain)는 모든 염좌 질환 중 가장 흔히 접하는 질환이며, 운동능력의 저하와 함께 지속적인 통증을 야기하는 질환이다. 대부분 염좌는 운동 중에 발생하는 발목관절의 정상범위를 벗어난 과도한 내반과 외반 및 회전 운동이 복합되어 발목에 분포

하는 lateral ligament complex의 손상에서 야기된다¹⁾.

발목염좌를 포함한 인체 많은 관절부위의 염좌는 피부조직, 근육, 근건, 인대, 관절낭 등 연부조직손상의 질병이며, 한의학에서 “筋傷證” 범위에 속한다²⁾. 「素問·宣明五氣篇」의 五勞所傷에는 “久視傷血, 久臥傷氣, 久坐傷肉, 久立傷骨, 久行傷筋, 是謂五勞所傷”의 표현처럼 너무 오래 걸으면 근육을 상한다 하였고³⁾, 여러

Received February 27, 2013, Revised March 18, 2013, Accepted March 18, 2013

Corresponding author: Jaehyo Kim

Department of Meridian & Acupoint, College of Korean Medicine, Wonkwang University, 344-2 Sinyong-dong, Iksan 570-749, Korea

Tel: +82-63-850-6446, Fax: +82-63-857-6458, E-mail: medicdog@wku.ac.kr

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012R1A1A4A01004637).

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

문헌에서도 “筋斷” “筋走” “筋翻” “筋轉” “筋強” 등의 증상과 活血化癥, 舒筋止痛의 치료 원칙이 기재되어 있다⁴⁾.

염좌에 대한 鍼治療의 효과는 임상적으로 잘 알려져 있다. 기존의 연구결과들을 살펴보면, 발목염좌에 대하여 Park 등⁵⁾은 25명의 환자에서 치료효과를 확인하였고, Zhang과 Miao⁶⁾는 354명의 환자에서 足踝 捻挫에 鍼治療가 유효함을 보고하였다. 이와 같은 발목염좌에 대한 임상적 鍼治療 효과가 밝혀지고 있다. 그러나 현재까지 발목염좌에 대한 혈위에 따른 효과적 차이의 존재여부는 실험적으로 명확하게 입증되지 못하고 있다.

기존의 발목염좌에 대한 실험연구는 Koo 등⁷⁾이 제안한 흰쥐의 발목 염좌 모델(manual model)은 물리적으로 흰쥐의 외측인대를 과도하게 신전하여 발목주변 인대를 손상시키는 방법인데, 임상적으로 1단계(Grade 1)에 해당한다. 1단계에 해당하는 발목염좌는 보존적 치료로도 효과적이며, 대개 2~3일이면 정상적으로 회복될 수 있다. 이러한 물리적 손상을 통한 발목염좌는 사람들의 발목염좌와 가장 비슷한 특징을 갖고 있다. 그러나 이 실험모델의 단점은 실험자의 손으로 발목염좌를 야기해야 하기 때문에 손상 정도가 매우 주관적이고 발목염좌 결과도 다양할 수밖에 없다. 그리고 발목염좌에 직접적으로 연관되지 않는 발목인대(예: calcaneocuboid, talonavicular and talocalcaneal ligaments)들이 손상받기도 한다⁸⁾.

이에 반해 2~3단계(Grade 2~3)에 해당하는 발목염좌 중 40% 이상은 만성통증을 비롯한 발목부위의 기능장애를 야기한다⁹⁻¹¹⁾. 2~3단계에 해당하는 발목염좌의 유발율과 임상적 중요성에 불구하고, 이에 준하는 적합한 동물모델의 개발과 연구가 미진한 상황에서, Kim 등⁸⁾은 수술적 방법을 통해 3단계 해당하는 발목염좌 모델(surgical model)을 제시하였다.

본 연구는 3단계 수준에 해당하는 高度 발목염좌 모델을 이용하여 전침자극의 효과를 확인하고자, 수술로 급성 발목염좌를 유발한 뒤 혈위에 따른 전침자극이 痛症지표인 WBR(Weight Bearing Force Ratio)의 변화에 미치는 효과를 관찰하였으며, 특정 혈위에서 효과가 있는지를 비교 研究하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물

실험동물은 체중 180~250 g의 Sprague-Dawley계 흰쥐 수컷(Samtako Bio Korea)을 사용하였으며, 실험 1주일 전부터 온도 23±1°C, 상대습도 55±10%의 조건에서 12시간 주야로 주기를

바꿔주면서 실험실 환경에 적응할 수 있도록 하여 stress 및 환경의 변화에 따른 영향을 최소화하였다. 실험동물은 적응기 및 실험 중에도 사료와 물을 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다.

실험군은 1단계 발목염좌 실험군(manual group, n=8)과 3단계 발목염좌 실험군(Surgical group, n=115)으로 나누었다. 3단계 발목염좌 실험군에서 전침자극의 효과를 비교하기 위하여 전침자극 없이 15분간 마취만 유도한 대조군(control, n=14)과 함께 다음과 같이 실험군을 구분하였다. 환측 養老 전침자극군(Ipsi_SI6, n=7), 건측 養老 전침자극군(Cont_SI6, n=8), 환측 上巨虛 전침자극군(Ipsi_ST37, n=7), 건측 上巨虛 전침자극군(Cont_ST37, n=6), 환측 陽陵泉 전침자극군(Ipsi_GB34, n=15), 건측 陽陵泉 전침자극군(Cont_GB34, n=16), 환측 懸鍾 전침자극군(Ipsi_GB39, n=14), 건측 懸鍾 전침자극군(Cont_GB39, n=17), 환측 地五會 전침자극군(Ipsi_GB42, n=8), 건측 地五會 전침자극군(Cont_GB42, n=7)으로 각각 나누었다.

2. 마취

실험동물의 마취는 발목염좌 유발과 전침자극 조건에 따라 각각 두 가지 방법에 따라 진행되었다. 실험동물의 급성 염좌 유발 모델의 제작을 위해 실험동물의 마취를 ketamin(50 mg/ml, 유한양행,

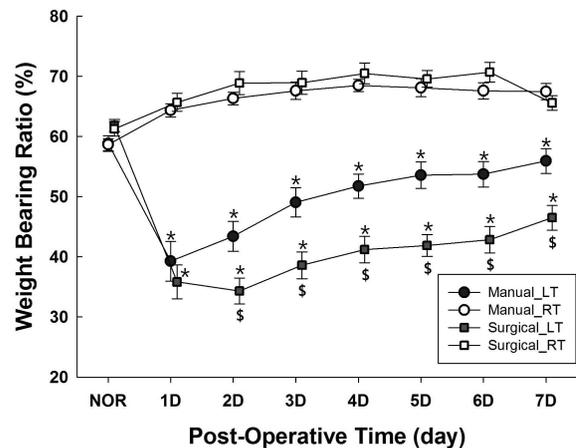


Fig. 1. Comparison of changes in weight bearing of the limb following ankle sprain model in rats.

Foot stepping force was measured and expressed as weight bearing ratio to body weight. The values are mean±SEM of peak foot stepping force of the hind limb of ankle sprained rat. Manual(open & filled circle, n=8) and surgical(open filled square, n=10) ankle sprain was induced on left hind limb following the methods proposed by Koo et al. and Kim et al., respectively. * $p < 0.05$ indicate values significantly different from the right hind limb and $^{\$}p < 0.05$ compared to the manual ankle sprain group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

한국)으로 0.12 ml/100 g을 복강에 투여하였다. 실험동물의 電鍼 刺戟 수행 동안에 실험동물은 3% isoflurane(중외제약, 한국)과 95% 산소(O₂)를 포함한 혼합가스를 2 L/min로 마취를 유도하고, 0.5~1% isoflurane과 95% 산소의 혼합가스로 마취를 유지하였다.

3. 발목 염좌의 유도

1) 1단계 발목염좌를 위한 수기(manual) 모델: 1단계(Grade 1)의 외측 발목염좌를 유발시키기 위해 전신 마취상태에서 손가락으로 쥐의 왼쪽 발목 외측 인대를 과도하게 신전시킴으로써 발목염좌 모델을 유도하였다. 捻挫 모델 유도는 Koo 등⁷⁾이 보고한 방법을 사용하여 유도하였다. 오른손 엄지손가락과 검지로 쥐의 오른쪽 발의 안쪽에 위치한 복숭아 뼈를 잡고 손가락 힘을 점진적으로 증가시켜서 발목이 자연스럽게 내번(inversion)되면서 발바닥이 굴곡(flexion)되는 방향으로 1분 동안 60회 반복적으로 쥐의 발목을 구부렸다. 이렇게 해서 결국 안정자세(resting position)에 있는 자세로부터 90° 발목내전, 90° 발바닥 굴곡 된 자세로 구부려져 있을 수 있었다. 더욱더 발목을 내번시키기 위해 다음 1분 동안 반복적으로 60회 발목을 구부렸다. 그래서 결국 180° 내번되어 발바닥이 완전히 위를 향하게 하였다. 위의 두 과정을 추가로 반복 시행하였다.

2) 3단계 발목염좌를 위한 수술(surgical) 모델: 3단계(Grade 3)의 외측 발목염좌를 유발시키기 위해 전신 마취상태에서 왼쪽 발목 외측 인대를 수술적으로 절단하였다. 이를 위해 Kim 등⁸⁾이 제시한 방법을 사용하여 유도하였다. 간략히 설명하면, 흰쥐의 발목의 앞쪽 외측부위를 3~5 mm 길이로 extensor digiti quinti(새끼발가락뿔근, EDQ) 근육의 내측을 따라 절개하고, extensor digitorum longus(긴발가락뿔근, EDL) 근육의 외측을 따라 절개하고, 이어서 EDQ와 EDL 사이를 대각선으로 절개하여 발목관절낭을 노출시킨다. 관절낭이 노출될 때 anterior talofibular ligament(앞목말종아리 인대, ATF)가 첫 번째로 절단된다. 그리고 관절낭에서 calcaneofibular ligament(발꿈치종아리 인대, CF)을 확인하여 절단한다. 발목을 약간 내번(inversion)시키게 되면 fibular의 바깥쪽 복사뼈의 안쪽면과 목말뼈(talus)의 바깥쪽 결절(lateral tubercle) 사이에서 posterior talofibular ligament(뒤목말종아리 인대, PTF)를 확인하여 절단한다. ATF, CF와 PTF가 순차적으로 절단되면 fibular(종아리뼈)와 talus(목말뼈)이 분리되는 것을 육안으로 확인할 수 있으며, 60초 동안 관절의 분리 상태를 유지하고 수술 부위를 봉합한다.

4. 取穴

전침자극을 위한 취혈은 患側과 健側으로 나누어 동일한 혈위를

선택하여 비교 관찰하였다. 上肢에서 手太陽小腸經의 郄穴인 養老(SI6)를 취혈하였고, 下肢에서 足陽明胃經의 上巨虛(ST37, 大腸下合穴), 足少陽膽經의 合穴이며 八會穴의 筋會인 陽陵泉(GB34), 八會穴의 髓會인 懸鍾(GB39), 地五會(GB42)를 取穴하였다^{12,13)}. 실험동물에서 養老는 척골(ulnar) 경상돌기 뒤 오목한 곳에서 取穴하였다. 下肢의 취혈을 위하여 오금주름(popliteal crease)에서 가쪽복사 용기(prominence of the lateral malleolus)까지의 연결선상을 인체와 상응하게 16등분 하였다. 上巨虛(ST37)는 오금주름(popliteal crease)과 가쪽복사 용기(prominence of the lateral malleolus)까지의 연결선에서 발쪽으로 6/16 되는 지점 앞쪽의 앞정강근(tibialis anterior m.) 위에서 취혈 하였다¹²⁾. 懸鍾(GB39)은 종아리 외측면의 종아리뼈(fibula) 앞쪽의 가쪽복사 용기(prominence of the lateral malleolus)에서 뒀쪽으로 3/16 되는 지점에서 취혈하였다¹²⁾. 陽陵泉(GB34)은 종아리 외측면의 종아리뼈 머리(head of fibula)에서 앞 면 쪽(anterior and distal)의 오목한 곳에서 취혈 하였다¹²⁾. 地五會(GB42)은 발등에서 넷째와 다섯째 발허리뼈 바닥(base of the 4th and 5th metatarsal bones)의 연결부에서 뒀쪽으로, 다섯째 긴발가락뿔근힘줄(the 5th extensor digitorum longus tendon)의 가쪽 오목한 곳에서 취혈 하였다¹²⁾.

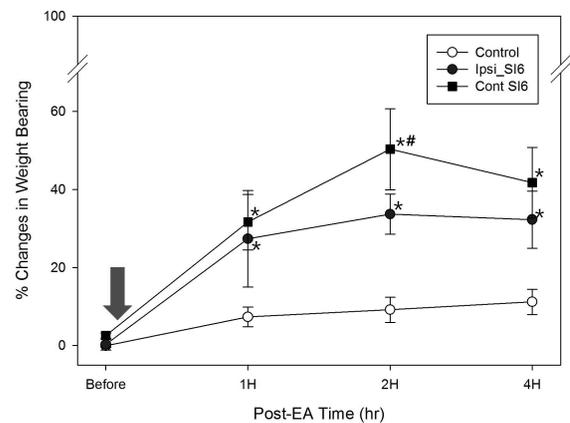


Fig. 2. Effects of electroacupuncture(EA) application to SI6 acupoint in weight bearing of the limb following ankle sprain induced by surgical model in rats.

The effect of EA applied to the contralateral SI6 (filled square, n=8) acupoint was compared with that of the ipsilateral SI6 acupoint (filled circle, n=7). Control group (open circle, n=14) was under general anesthesia condition as EA condition without EA application. Data are presented as percent changes in weight-bearing forces (means ± SEM) using the pre-EA (-30 min) baseline value as zero (Before). Arrow indicates EA application (2 Hz, 1 ms pulse, 2 mA for 15 min). **p*<0.05 indicate values significantly different from the control group and #*p*<0.05 compared to the ipsilateral SI6 EA group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

5. 침자극

실험동물을 마취한 상태에서 取穴하고, 1 mm 간격으로 배열된 한쌍의 stainless steel needles(∅0.18×8 mm, 동방수지침, 한국)를 電鍼刺戟을 위하여 혈위에 따라 3~5 mm 깊이로 삽입하였다. 電氣刺戟은 Pulsemaster(A300, WPI, USA)를 통해 주파수와 刺戟시간을 조절하였으며, stimulus isolator(A385, WPI, USA)를 통해 1 ms, 2 mA의 강도와 조건에 따라 2 Hz의 빈도로 구형파 형태의 刺戟이 bipolar로 가해졌으며, 刺戟시간은 총 15분 동안 수행되었다.

6. 동물행동 검사

통증 정도를 측정하기 위해서 足蹠 捻挫가 유발된 후의 환측 하지가 바닥을 딛는 힘을 측정하였다^{14,15}. 동물을 불투명한 아크릴로 만든 긴 통로(폭 12 cm, 높이 10 cm, 길이 76 cm)를 자유스럽게 걷게 하고, 통로 바닥의 중앙에 전자저울(IP-300, 이노텍, 한국)을 설치하여 한쪽 발이 디디는 압력만을 측정하였다. 전자저울에서 나오는 전기신호는 압력의 변화를 전압의 변화로 보여주는데 이를 AD convertor(CED1401 plus, Cambridge Electronic Design Ltd, UK)와 spike 2 프로그램(version 7.0, Cambridge Electronic Design Ltd, UK)을 통하여 개인 PC에 저장하고 전압의 변화를 관찰하였다. 하지가 딛는 하중(Weight Bearing Force Ratio; WBR)은 정상상태의 WBR와 足蹠 捻挫 후 WBR 사이의 변화율(% Weight Bearing Changes)로 변환하여 측정값으로 사용하였다. 염좌 후 24시간에 왼쪽 뒷다리의 체중 부하율이 40% 이상인 경우에 실험대상에서 제외 시켰다. 발목염좌 모델 제작 후 24시간 단위로 행동검사를 실시하였으며, 足蹠 捻挫 모델의 WBR가 시간 경과에 따른 변화 추이를 측정하기 위하여 捻挫 모델 제작 후 24시간 경과 후 일정한 시간마다 측정하였다. 모든 행동검사는 맹검법으로 시행하였으며, 각 측정 시간마다 6~8회 실시하여 평균값을 취하여 측정값을 얻었다.

7. 통계분석

데이터는 Mean±SEM으로 나타내었다. 통계검사는 Duncan's multiple comparison post-hoc test에 의한 two-way ANOVA with repeated measures를 통하여 통계적 유의성을 검정하였다(SAS 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). *p*값이 0.05보다 작으면 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

1. 수술적 방법으로 유도된 3단계 발목염좌 모델의 통증 수준과 특징

3단계 수준의 고도 발목염좌를 유도하기 위한 수술적 방법으로 유도된 염좌모델이 수기(manual)에 의한 발목염좌 모델(1단계) 비해 통증이 오랫동안 유지되는 지를 비교하였다. 이를 위하여 1단계 발목염좌를 위한 수기모델(manual group, n=8)과 3단계 발목염좌를 위한 수술모델(surgical group, n=10)로 나누어 각각 염좌를 유발 한 후, 7일간 염좌를 유발한 환측(왼쪽)과 건측(오른쪽) 발의 WBR의 변화를 관찰하였다. 수술적 방법으로 유도한 발목염좌의 WBR은 관찰기간 동안 평균 35.82±2.83%~46.49±2.06%으로, 수기(manual)로 유도한 발목염좌의 WBR(39.26±1.3%~55.92±2.07%)에 비해 뚜렷하게 낮았다. 이는 수술적 방법으로 유발한 발목염좌에서 통증이 장기간 유지되었음을 보여준다. 이로써 수술에 의한 염좌모델이 수기에 의한 염좌모델에 비해 뚜렷한 차이를 보이며 3단계 고도 수준의 발목염좌의 특징에 부합한다는 점을 확인하였다.

2. 3단계 발목염좌 통증에 대한 穴位別 전침자극의 효과

수술적 방법으로 유도된 3단계 발목염좌 통증에 대한 혈위별 전침자극의 효과를 알아보고자 염좌 유발 후 4일째까지 실험동물을 무작위 배정을 통해 대조군과 혈위별 전침군을 선정하여 진행하였다.

15분간의 전침자극을 위해 모든 실험동물에게 전신마취를 하였기 때문에 대조군(Control)은 마취효과에 따른 WBR 변화를 관찰하였다. 그 결과, 마취에 따른 WBR의 변화는 마취 전에 비하여 최대 평균 11.2±3.25%정도의 차이를 나타내었다(Fig. 2). 이에 따라 혈위에 따른 전침자극의 효과는 마취효과에 관련된 대조군과 비교하였다.

수기(manual)방법에 따른 족과염좌 모델에서 진통효과를 뚜렷하게 보였던 養老(SI6)의 전침효과를 관찰하였다. 이를 위하여 건측 養老(Cont_SI6)와 환측 養老(Ipsi_SI6)에 각각 전침을 가한 경우를 비교하였다. 건측 養老(Cont_SI6, n=8)에서 전침자극으로 인한 진통효과가 1시간~4시간까지 대조군에 비해 뚜렷하게 증가되었다(*p*<0.05). 한편 환측 養老(Ipsi_SI6, n=7)의 전침자극에서도 진통효과(*p*<0.05)가 뚜렷하였는데, 진통의 수준은 건측 養老(*p*<0.05)에서 뚜렷하게 높았다(Fig. 2).

환측과 건측의 上巨虛(ST37)에 대한 전침자극의 효과를 살펴보면, 환측 上巨虛(Ipsi_ST37, n=7)가 건측(Cont_ST37, n=6)에 비해 WBR 값이 크게 증가한다는 점을 볼 수 있다. 그러나 대조군

(Control)에 비해 환측과 건측의 上巨虛는 진통효과를 나타내지 못하였다(Fig. 3).

환측 陽陵泉(Ipsi_GB34, n=15)의 전침자극은 대조군(Control)

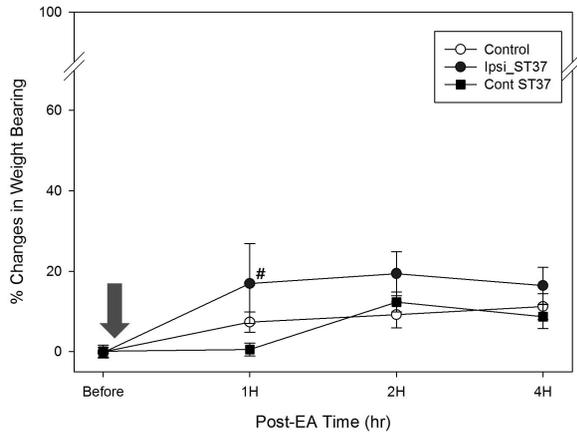


Fig. 3. Effects of EA application to ST37 acupoint in weight bearing of the limb following ankle sprain induced by surgical model in rats.

The effect of EA applied to the contralateral ST37 (filled square, n=6) acupoint was compared with that of the ipsilateral ST37 acupoint (filled circle, n=7). Control group (open circle, n=14) was under general anesthesia condition as EA condition without EA application. Notations are the same as the previous Figs. # $p < 0.05$ compared to the contralateral ST37 EA group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

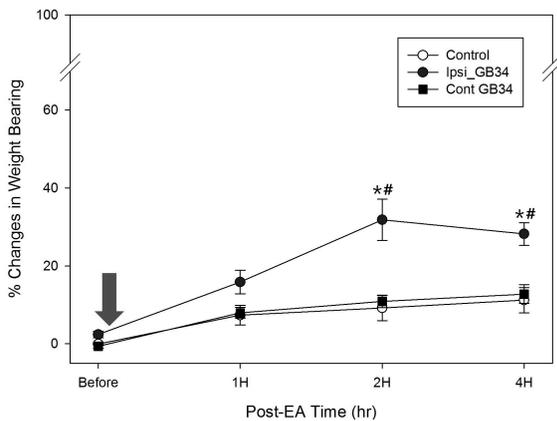


Fig. 4. Effects of electroacupuncture(EA) application to GB34 acupoint in weight bearing of the limb following ankle sprain induced by surgical model in rats.

The effect of EA applied to the contralateral GB34 (filled square, n=16) acupoint was compared with that of the ipsilateral GB34 acupoint (filled circle, n=15). Control group (open circle, n=14) was under general anesthesia condition as EA condition without EA application. Notations are the same as the previous Figs. * $p < 0.05$ indicate values significantly different from the control group and # $p < 0.05$ compared to the contralateral GB34 EA group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

에 비하여 뚜렷한 진통효과를 나타내었다. 특히 진통효과는 전침을 가하기 전에 비하여 $31.9 \pm 5.27\%$ ($p < 0.05$) 수준에서 2~4시간까지 유의하게 나타났다. 이에 비하여 건측 陽陵泉(Cont_GB34, n=16)에 대한 전침자극은 대조군(Control)과 거의 차이를 보이지 않았다(Fig. 4).

환측 懸鐘(Ipsi_GB39, n=14)의 전침자극은 염좌로 인한 통증을 뚜렷하게 감소시켰다. 이와 같은 진통효과는 전침자극 직후에는 뚜렷하지 않았으나, 2~4시간에 걸쳐 진통효과를 발휘하였다($28.19 \pm 3.47\%$, $27.9 \pm 3.26\%$, $p < 0.05$). 반면 건측 懸鐘(Cont_GB39, n=17)에 대한 전침자극은 염좌로 인한 통증을 거의 억제하지 못하였다(Fig. 5).

발목염좌의 부위에 관련해 가장 인접한 經穴인 地五會에 대한 전침자극을 건측과 환측으로 나눠 각각 시술하고 비교하였다. 건측 地五會(Cont_GB42, n=7)은 대조군과 거의 비슷한 수준의 WBR 변화를 보였으며, 환측 地五會(Ipsi_GB42, n=8) 역시 뚜렷한 진통효과를 나타내지 않았다. 다만 건측에 비하여 환측 地五會에서 WBR 값이 증가하는 경향을 보였다(Fig. 6).

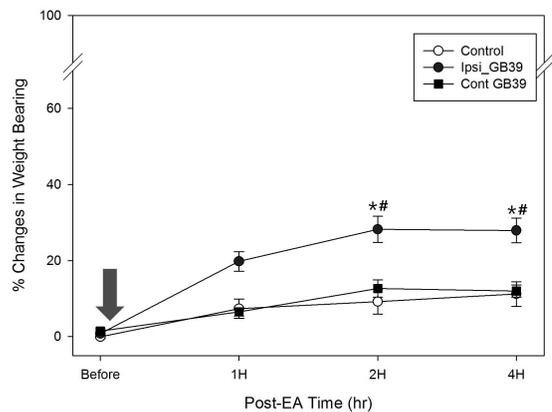


Fig. 5. Effects of electroacupuncture(EA) application to GB39 acupoint in weight bearing of the limb following ankle sprain induced by surgical model in rats.

The effect of EA applied to the contralateral GB39 (filled square, n=17) acupoint was compared with that of the ipsilateral GB39 acupoint (filled circle, n=14). Control group (open circle, n=14) was under general anesthesia condition as EA condition without EA application. Notations are the same as the previous Figs. * $p < 0.05$ indicate values significantly different from the control group and # $p < 0.05$ compared to the contralateral GB39 EA group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

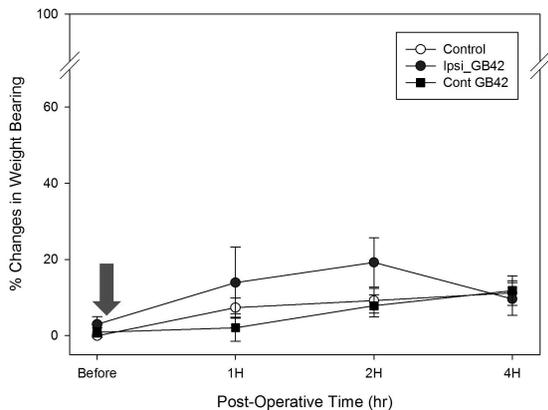


Fig. 6. Effects of EA application to GB42 acupoint in weight bearing of the limb following ankle sprain induced by surgical model in rats.

The effect of EA applied to the contralateral GB42 (filled square, n=7) acupoint was compared with that of the ipsilateral GB42 acupoint (filled circle, n=8). Control group (open circle, n=14) was under general anesthesia condition as EA condition without EA application. Notations are the same as the previous Figures.

고찰

발목염좌는 발목관절 부위의 근육, 근건, 인대, 관절낭 등 연부조직의 손상으로 동통, 종창, 국소압통, 발적 및 운동장애가 야기되는 질환으로 대개의 경우에서 과도한 발목의 신전과 내반이 염좌를 야기한다¹⁶⁾.

발목관절 염좌는 염좌의 유형과 증상 및 징후에 따라 3단계 분류된다. 인대 파열이 없는 경미한 혹은 최소의 염좌로 강한 압통과 약간의 부종이 수반되면 1단계 염좌(Grade 1)라 한다. 불완전 혹은 일부 인대 파열이 있으며 확실한 부종과 반상 출혈 및 보행장애가 수반되면 2단계 염좌(Grade 2)라 한다. 완전 인대 파열과 부종, 출혈, 발목관절 불안정성 및 보행 장애가 수반되면 3단계 염좌(Grade 3)라 한다. 발목관절의 인대는 구조적으로 내측에는 하나로 묶여 있는 삼각인대와 외측에는 해부학적으로 구분되는 세 개의 인대가 있다. 내측에는 삼각인대가 표재층과 심층으로 구성되어 있으며 거골(talus) 외반에 대해 일차적 방어 작용을 한다. 외측에는 전거비인대(anterior talofibular ligament, ATF), 종비인대(calcanefibular ligament, CF), 후거비인대(posterior talofibular ligament, PTF)가 있으며, 각각 서로 다른 해부학적 정렬 위치로 인하여 이들 인대가 내반력에 저항하는 기여도는 발목관절의 굴곡, 신전 정도에 따라 다르게 되며, 전거비인대와 종비인대가 약 90°(범위: 70~140°)의 각도로 정렬되어 있어 굴곡이 진행되면 전거비인대가, 배굴 위치로 진행되면 종비인대가 내반에 저항하는 위치에 있게 되어

상호 보완의 공역 효과(coupling effect)를 보인다. 거골(talus) 전방 전위와 내회전을 제약하는 기능을 담당하는 전거비인대가 이들 중 손상에 가장 취약하여 발목관절의 염좌시에 이 인대의 손상 빈도가 가장 높다¹⁶⁾. 또한 발목관절은 경골과 비골의 원위부와 거골(talus)이 이루는 경접관절¹⁸⁾로 해부학상 그 운동이 한 방향에 국한된 가동성을 가진 관절로써 사람이 서 있거나 보행할 때 신체의 안정을 유지하면서 운동을 가능하게 하는 하지의 관절 중에 유일하게 지면과 접촉하고 있는 관절로 보행 중에 체중의 전체가 발목관절의 지렛대로 작용하면서 다른 어느 관절보다 외상에 쉽게 노출되어 심한 손상을 입을 기회가 많다¹⁹⁾.

최근의 보고에 의하면, 전체 운동성 관련 질환 중 약 25%가 발목관절로 인한 질환으로 치료를 받고 있으며¹⁾ 이러한 질환은 갑작스럽고 과도한 운동과 발목 관절의 약화로 보고되었다. 아울러 발목염좌의 주요 원인으로 비골근 약화, 고유감각의 결함, 기계적인 불안정성 등과 관련이 있으며²⁰⁾, 급성적일 때는 통증과 부종 움직임의 제한이 나타나며²¹⁾, 반복되는 발목 염좌는 관절의 퇴행과 관절염의 위험을 증가됨이 보고되고 있다²²⁾.

발목염좌는 한번 발생하게 되면 섬유 조직이 신전되거나 손상되어 약해진 상태에서 인대의 기능이 저하되어 내반이 일어나는 횡수가 증가하며, 손상 초기에 효과적인 치료를 받지 않을 경우 만성 발목 불안정(chronic ankle instability)으로 이환되는 확률이 높고^{15,23)} 만성 재 발생 염좌로 진행되므로 조기치료와 재발 방지가 필요하다²⁴⁾.

한의학에서 捻挫(傷)이란 관절과 인대의 손상으로 인한 氣血凝滯와 經絡이 滯塞되고 근육이 손상되는 범주에 속하기 때문에 行氣活血, 通經活絡, 舒筋活絡, 消腫止痛을 치료원칙으로 다양한 방법으로 치료를 하고 있으며²⁵⁾, 이 중 鍼治療는 발목염좌와 같이 근골격계 및 연부조직 손상에 대한 효과적인 치료방법으로, 염좌로 氣의 운행이 손상되어 氣滯血瘀 혹은 血瘀氣滯하여 생긴 疼痛을 調氣로써 경맥을 통하게 하여 기혈을 조절하고, 경락중의 기혈 운행 장애로 인한 병리변화를 조정하여, 임상에서 通則不痛의 치료목적을 달성하게 된다²⁶⁾. 발목염좌의 한의학적 치료방법에 대한 연구보고로는 이침요법¹⁶⁾, SSP전자침요법²⁷⁾, 자락발관법²⁸⁾, 거자법²⁹⁾, 봉약침요법³⁰⁾ 등의 다양한 방법을 통한 연구 결과 등이 보고되었다³¹⁻³³⁾.

기존의 발목염좌에 대한 실험연구는 Koo 등⁷⁾이 제안한 수기(manual)를 사용한 흰쥐의 발목 염좌 모델을 제작하여 사용하였으며, 이는 임상적으로 1단계(Grade 1)에 해당한다. 이러한 실험모델의 단점은 실험자의 손으로 발목관절 염좌를 야기해야 하기 때문에 손상 정도가 매우 주관적이고 발목염좌 결과도 다양할 수밖에 없다. 일반적으로 발목염좌를 유발한 뒤 WBR 수치는 크게 떨어지며, 염좌 회복에 따라 WBR의 수치는 정상값으로 점차 회복하게 된다.

대개 정상적인 WBR값은 60~65% 수준인데, 염좌를 유발한 이후 회복하는 과정에서 WBR 수치가 40% 이상이 되면 거의 정상적인 보행이 가능한 수준이다³⁴⁾. 본 연구에서는 수기(manual)와 수술적 방법으로 발목염좌의 통증을 유발하고 환측(왼쪽)과 건측(오른쪽) 발의 WBR의 변화를 7일간 관찰하였으며, 그 결과 수술적 방법으로 유도한 발목염좌의 통증은 염좌 유발 후 4일째까지 평균 40%이하의 WBR 수치를 나타내었고, 7일간의 관찰 기간 내내 통증이 장기간 유지되었다. 수기(manual)에 의해 유도된 통증은 유발한 후 3일이 경과하면 WBR 수치가 40% 이상이 되어 진통관련 실험을 계속 할 수 없었다. 이와 같이 수술적 방법을 통한 염좌 유발 모델에서 전침을 이용한 진통연구는 염좌 유발 후 4일째 까지 실험이 가능하였다. 또한 수술적 염좌 유발 실험 동물에 전신마취를 하였기 때문에 마취효과에 따른 WBR 변화를 관찰하였다. 그 결과, 마취에 따른 WBR의 변화는 마취 전에 비하여 최대 평균 11.2% 정도의 차이를 나타냈고, 이를 근거로 혈위에 따른 전침자극의 효과를 비교하였다.

본 실험에서 養老, 上巨虛, 陽陵泉, 懸鍾, 地五會를 선택한 이유는 다음과 같다. 養老(SI6)는 舒筋, 通絡, 明目하는 혈성이 있어서 腕關節痛, 腕麻痺, 肩關節周圍炎, 眼球充血, 目昏, 視力減少, 落枕 등에 활용되고 있다¹⁹⁾. 또한 선행 연구의 수기를 통한 발목염좌 모델에서 養老(SI6)에 대한 전침자극이 유의한 진통효과를 보였다³⁴⁾. 이를 근거로 본 연구에서는 3단계에 해당하는 高度 발목염좌의 효과여부도 비교하고자 하였다. 또한 건측과 환측의 진통 효과를 비교 관찰 하였으며 건측 養老에서 전침자극으로 인한 진통효과가 1시간~4시간까지 대조군에 비해 유의하게 증가되었다. 또한 환측 養老의 전침자극에서도 진통효과가 유의하였는데, 진통의 수준은 건측 養老에서 더욱 뚜렷하였다.

한편 본 연구에서 실시한 발목염좌 모델은 족외과의 외측인대군을 손상하는 것이 중요한 기전으로, 이를 經絡學說에 근거하면 외측인대군의 經脈은 足少陽膽經과 근접해 위치하는 것으로 사료된다. 이를 위해 足陽明胃經에 소속된 上巨虛(ST37)를 足少陽膽經의 陽陵泉(GB34)과 懸鍾(GB39)과 비교함으로써 진통효과가 경맥의 순행과 관련있는지를 관찰 하였다. 또한 地五會(GB42)를 통해 전침자극 효과의 특징이 아시혈적 의미가 적용되는지 관찰하였다. 그리고 각각의 혈위에 대해 건측과 환측으로 나눠 전침자극하여 그 효과의 특징이 한의학에서 언급하는 巨刺法 또는 繆刺法의 원리가 적용되는지 관찰하였다.

본 연구의 결과 환측 上巨虛가 건측 上巨虛에 비해 WBR 값의 변화가 크다는 점을 볼 수 있다. 그러나 대조군에 비해 건측과 환측의 上巨虛는 진통효과를 나타내지 못하였다. 또한 대조군과 비교한

건측 陽陵泉과 건측 懸鍾 및 건측 地五會와 환측 地五會도 대조군과 유의한 수준의 WBR 변화로 진통효과를 나타내지 않았다. 그러나 환측 陽陵泉과 환측 懸鍾의 진통효과는 전침자극 직후에는 뚜렷하지 않았으나, 2~4시간에 걸쳐 각각 31.97%와 28.19%로 유의한 진통효과를 발휘하였다. 이는 본 연구에서 수술을 통한 발목 외측의 외측 인대군을 손상시킨 모델에 대한 전침자극의 효과는 아시혈적인 특징과 巨刺法 또는 繆刺法의 원리보다는 경혈치료의 효과가 중요한 것으로 사료된다. 그러나 Jung 등²⁹⁾에 의하면 발목관절 염좌 환자에서 건측과 환측의 阿是穴에 수일동안 자침한 경우 건측 阿是穴에 시술한 환자에서 통증이 유의하게 경감되어 본 연구와 상이한 결과를 도출하였다. 이들 연구자들의 결과와 본 연구결과의 차이점으로 관찰 대상간의 종의 차이가 있을 수 있으나, 실험방법의 차이에 더욱 기인하는 것으로 사료된다. 즉, 본 실험은 전침을 사용하였고, 또한 무작위 대조로 전침 후 4시간 동안의 결과를 관찰한 반면, Jung 등²⁹⁾은 阿是穴에 수일동안 자침을 하였다. 따라서 향후 실험동물을 대상으로 Jung 등²⁹⁾의 관찰방법과 유사한 조건에서 건측과 환측의 효과를 관찰해야 할 것으로 사료된다.

결론

3단계 수준에 해당하는 高度 발목염좌 모델을 이용하여 전침자극의 효과를 확인하고자, 수술로 급성 발목염좌를 유발한 뒤 혈위에 따른 전침자극이 통증지표인 WBR의 변화에 미치는 효과를 관찰함으로써 특정 혈위에서 효과가 있는지를 비교하였다.

1. 수술적 방법으로 유도한 발목염좌의 통증이 수기(manual)에 의해 유도된 통증에 비해 뚜렷하게 심하였고, 7일간의 관찰 기간 내내 통증이 장기간 유지되었다.
2. 건측 養老에서 전침자극으로 인한 진통효과가 대조군에 비해 증가되었고, 환측 養老에서도 진통효과가 있었지만, 진통의 수준은 건측에서 뚜렷하게 높았다
3. 건측과 환측의 上巨虛 및 地五會에 대한 전침자극은 대조군과 뚜렷한 진통효과를 나타내지 않았다.
4. 陽陵泉의 전침자극 효과는 환측 陽陵泉에서는 진통효과가 뚜렷한 반면, 건측은 대조군과 거의 차이를 보이지 않았다.
5. 환측 懸鍾의 전침자극은 염좌로 인한 통증을 뚜렷하게 감소시켰다. 반면 건측 懸鍾은 염좌로 인한 통증을 억제하지 못하였다. 이상의 실험결과를 통하여 養老의 진통효과는 3단계 수준의 발목염좌에서도 뚜렷한 효과를 보여주었으며, 아울러 下肢에 분포한 經穴 중 환측에서 經脈循行에 부합하는 穴位에서 진통효과가 뚜렷

함을 확인하였다. 이와 같은 진통효과의 기전과 관련한 연구와 함께 주파수 조건을 달리한 전침자극의 효과를 비교할 필요가 제기된다.

감사의 글

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012R1A1A4A01004637).

참고문헌

1. Puffer JC. The sprained ankle. Clin Cornerstone 2001 ; 3(5) : 38-49.
2. Heo Jun. DongUiBoGam. Seoul : Bubin publishing Co. 2011 : 632.
3. Jin JP. Editor annotation. Clinical use of Yellow Emperor's Classic of Internal Medicine recitation book. Seoul : Bubin publishing Co. 2009 : 164.
4. Cen ZB. Orthopedics and traumatology of TCM. Shanghai : Shanghai scientific & Technical Publishing. 1998 : 187-9.
5. Park JS, Kim WY, Baek ST, Lee SD, Kim KS. Comparison of superficial and deep acupuncture in the treatment of ankle sprain: A randomized controlled trial-pilot study. The Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Society. 2004 ; 21(5) : 137-47.
6. Zhang F, Miao Y. Acupuncture treatment for sprains of the ankle joint in 354 cases. J Tradit Chin Med. 1990 ; 10(3) : 207-8.
7. Koo ST, Park YI, Lim KS, Chung K, Chung JM. Acupuncture analgesia in a new rat model of ankle sprain pain. Pain. 2002 ; 99 : 423-31.
8. Kim HY, Wang J, Chung K, Chung JM. A surgical ankle sprain pain model in the rat: Effect of morphine and indomethacin. Neuroscience Letters. 2008 ; 442(2) : 161-4.
9. Diebschlag W, Nocker W, Lehmacher W. Treatment of acute ankle sprains. Comparison of the efficacy and tolerance of 2 indomethacin-gel preparations. Fortschr Med. 1992 ; 110(6) : 94-8.
10. Hernandez W, Raja A, Capuano C. Complex regional pain syndrome. J Am Podiatr Med Assoc. 1999 ; 89(10) : 534-9.
11. Wolfe MW, Uhl TL, Mattacola CG, McCluskey LC. Management of ankle sprains. Am Fam Physician. 2001 ; 63(1) : 93-104.
12. Meridians & Acupoints Compilation Committee of Korean Medical Colleges. Details of Meridians & Acupoints. A Guidebook for College Students. Daejeon : Jongryenam Publishing Co. 2010 : 268, 318, 506, 512-5.
13. Koo ST, Kim SK, Kim EH, Kim JH, Youn DH, Lee BH, et al. Acupuncture point locations for experimental animal studies in rats and mice. Korean Journal of Acupuncture. 2010 ; 27(3) : 67-78.
14. Baumhauer JF, Alosa DM, Renstrom AF, Trevino S, Beynonn B. A prospective study of ankle injury risk factors. Am J Sports Med. 1995 ; 23(5) : 564-70.
15. Kern-Steiner R, Washecheck HS, Kelsey DD. Strategy of exercise prescription using an unloading technique for functional rehabilitation of an athlete with an inversion ankle sprain. J Orthop Sports Phys Ther. 1999 ; 29(5) : 282-7.
16. Han KJ, Oh MS, Choi SH. Clinical research on effect technique of auricular acupuncture therapy on ankle sprain. Daejeon University Institute of Oriental Medicine's Collection of Dissertation. 2004 ; 13(1) : 287-93.
17. HanUri Editorials. The Merck Manual. Seoul : Hanuri publishing Co. 2002 : 526-7.
18. The Korean Orthopedic Association. Orthopedics. Seoul : Newest Medicine Co. 1989 : 231, 322, 483.
19. Lee IG, Ryu SH, Choi HS. Observation about curative powers of 62 examples of ankle sprain. Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society. 1990 ; 7(1) : 177-85.
20. Alt W, Lohrer H, Gollhofer A. Functional Properties of adhesive ankle taping: Neuromuscular and mechanical effects before and after exercise. Foot Ankle Int. 1999 ; 20(4) : 238-45.
21. Colville MR, Marder RA, Boyle JJ, Zarins B. Strain measurement in lateral ankle ligaments. Am J Sports Med. 1990 ; 18(2) : 196-200.
22. Gross P, Marti B. Risk of degenerative ankle joint disease in volleyball players: study of former elite athletes. Int J Sports Med. 1999 ; 20(1) : 58-63.
23. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of in-

- version ankle injuries. *Br J Sports Med.* 2005 ; 39 : e14 ; discussion e14.
24. Kerkhoffs GM, Rowe BH, Assendelft WJ, Kelly KD, Struijs PA, van Dijk CN. Immobilisation for acute ankle sprain. A systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2001 ; 121(8) : 462-71.
 25. You TS, Park DS, Kang SK. Clinical observations on treatment of ankle-sprain. *Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society.* 2004 ; 21(1) : 168-75.
 26. Ahn HJ, Jeong DH, Hwang KS, Yoon KB, Kim TW, Moon JH, et al. The comparative study on the dong si acupuncture therapy and general acupuncture therapy for the patient with ankle sprain. *Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society.* 2003 ; 20(1) : 120-30.
 27. Kim KY, Woo KH. The effects of alphabet exercise with ssp electrotherapy on lateral ankle sprain. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2004 ; 16(2) : 323-31.
 28. Hwang JS, Lim DJ, Hwang JH, Cho HS, Kim KH. Study of the effect of blood-letting cupping treatment for acute ankle sprain: a randomize controlled trial. *Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society.* 2005 ; 22(3) : 243-52.
 29. Jung HK, Jeong YP, Chiang SY, Lee JE, Wi J, Im JA, et al. The Comparative study on the acupuncture at affected limb and un-affected limb on treating ankle sprain of acute stage. *Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society.* 2008 ; 25(3) : 107-13.
 30. Kim KT, An BJ, Kang MS, Song HS. A clinical study of bee venom acupuncture therapy on chronic arthritis of ankle. *Journal of Korean Acupuncture & Moxibustion Medicine Society.* 2006 ; 23(4) : 21-6.
 31. Cui S. 100 cases of acute lumbar sprain treated with acupuncture at zhibian(UB 54). *J Tradit Chin Med.* 1992 ; 12(2) : 119.
 32. Chen ZL, Zhou XF. The effect of acupuncture in 300 cases of acute lumbar sprain. *J Tradit Chin Med.* 1984 ; 4(2) : 93-5.
 33. Naeser MA, Hahn KA, Lieberman BE, Branco KF. Carpal tunnel syndrome pain treated with low-level laser and microamperes transcutaneous electric nerve stimulation: A controlled study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002 ; 83(7) : 978-88.
 34. Yang BS, Kim JH, Jang JH, Ahn SH, Kim KS, Sohn IC. A study of antinociception of electroacupuncture to SI6 on the acute ankle sprained rats. *Korean Journal of Acupuncture.* 2008 ; 25(3) : 81-96.