흰쥐의 발목염좌에 대한 전침, 온침 및 고주파온침 자극별 진통 효과의 비교

양승범^{1*} · 김민수^{2*} · 최석준¹ · 김재호²

¹원광보건대학교 의무부사관과, ²원광대학교 한의과대학 경혈학교실

Analgesic Effects of Electroacupuncture, Warm Needling and Radio Frequency Warm Needling on Surgical Ankle Sprain Model in Rats

Seung-Bum Yang^{1*}, Min-Su Kim^{2*}, Suck-Jun Choi¹, Jae-Hyo Kim²

¹Department of Medical Non-commissioned Officer, Wonkwang Health Science University,

²Department of Meridian and Acupoint, College of Korean Medicine, Wonkwang University

Objectives : The objectives of this study is to compare the effects of electroacupuncture(EA), warm needling(WN) and Radio Frequency warm needling(RFWN) stimulations on the acupoints at the artificially damaged ankles of Sprague-Dawley rats, which could be classified as the Grade 3. **Methods :** The foot weight bearing force ratio(FWBFR) of ankle sprain was measured first at 24 hours after without any other stimulations. Pain Recovery Index(PRI) represents the analgesic level, and modified Pain Recovery Index(mPRI) shows the accumulated recovery level. PRI was measured at 2 hours after each stimulus on GB34, GB39 and GB42, and mPRI was during 7 days. **Results :** EA stimulation of GB34 and GB39 acupoint in grade 3 ankle sprain showed a marked analgesic and recovery effect. RFWN of GB42 exhibited significant analgesic and pain recovery effect. RFWN of GB34 resulted in pain recovery effect but not analgesic effects, and RFWN of GB39 resulted in analgesic effect 2 hours after but not pain recovery. However, WN did not affect the pain recovery among three acupoints at all. **Conclusions :** In the Grade 3 ankle sprain model, the difference of analgesic effects were explained by the acupoints and the stimulation methods according to the accumulated recovery effects during 7 days. It is insufficient to determine that a certain acupoint has a specific analgesic effect depending on the stimulation method by the results of this study. Therefore, the effects of each stimulation on the acupoints in any other meridians at the sprained ankle should be compared and analyzed.

Key words : ankle sprain, foot weight bearing force ratio, electroacupuncture, warm needling, radio frequency warm needling

서론

발목염좌는 한의학의 筋傷證¹⁾ 범주에 속하는 것으로, 보행의 기

능적인 소실로 인한 불편한 일상생활의 초래로 제1차 의료기관 및
응급실을 최다빈도로 찾는 상병으로서, 그 초기 상해 정도나 회복
지연으로 인해 발목불안정성과 같은 장애가 장기간 지속될 수도

Received February 25, 2015, Revised March 10, 2015, Accepted March 17, 2015

Corresponding author: **Jae-Hyo Kim**

Department of Meridian and Acupoint, College of Korean Medicine, Wonkwang University, 460, 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).

*Seung-Bum Yang and Min-Su Kim contributed equally to this work.

© 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.

있다²⁾. 대부분의 발목염좌는 비수술적요법으로써 성공적으로 치료³⁾할 수 있으며, 특히 다양한 한의학적 치료법은 염좌 질환의 진통을 촉진⁴⁻⁷⁾하는 것으로 보고되고 있다.

발목염좌 임상 연구에서 발목의 점성과 기능적 발목 불안정성의 강도 사이에 중등도의 상관관계가 있으며⁸⁾, 정확한 진단과 적절한 치료로써 추후 재손상을 예방할 수 있다는 연구결과³⁾가 있었으며, 최근에는 성인의 급성 발목염좌 치료에서 RICE의 효용성에 의문이 제기되면서, 발목염좌 치료는 환자 개인별로 이로운 점과 해로운 점을 고려하여 결정하여야 하고 전문가의 선택과 국가적인 진료지침에 기초해야 한다고 강조되고 있다⁹⁾. 이에 발목염좌의 진단에서는 환부에 대한 정확한 국소 해부병리학적 소견이 임상 현장에서 더욱 요구되고 있고, 그 진단에 따른 치료를 위한 지침에 관한 연구에서는 환부의 경혈에 대한 자극이 효과적일 것으로 우선 가설하여 실험이 진행될 수 있다.

자극방법에 따른 염좌 질환의 효과에 영향을 주는 인자들에 대한 실험적 연구들을 살펴보면, 전침자극의 빈도 및 강도에 따라 상이한 진통효과¹⁰⁾와 통증의 유발부위와 관련한 효과 연구¹¹⁾, 온침자극에 의한 근골격계 통증성 질환¹²⁾과 퇴행성 슬관절염¹³⁾의 유의한 치료효과 보고 및 고주파 온침자극으로 만성 관절염에 있어서 진통과 항염증 작용¹⁴⁾의 효과가 있음이 보고되었다. 이와 같이 염좌 질환에 대한 기존의 침치료 연구는 주로 각각의 자극방법에 따른 효과 여부에 집중되어 왔으나, 자극방법 간의 비교 연구는 아직 미비한 실정이다.

본 연구는 3단계 수준의 발목염좌 모델에서, 발목염좌 유발부위의 경혈 중 외측 인대손상부위 경맥순행 부위인 足小陽腸經의 경혈을 선택하여 경혈의 특이성 연구와 더불어 전침, 온침 및 고주파온침의 자극방법에 따른 통증 회복효과를 족부하중비율(foot weight bearing force ratio: FWBFR)의 변화량을 비교 관찰하여 급성기 발목염좌에 적합한 자극방법을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물

실험동물은 체중 200~250 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 적응하도록 하여 스트레스 및 환경의 변화에 따른 영향을 최소화하였다. 또한 실험동물은 적응기 및 실험 중에도 사료와 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다. 사료와

물은 자유 섭식하였다. 동물 실험은 원광대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 취득하여 동물실험윤리위원회의 가이드라인에 따라 실험을 수행하였다(WKU14-52).

2. 발목염좌의 모델 유도

3단계 수준의 발목염좌는 왼쪽 발목 외측 인대를 수술을 통하여 절단하여 유발시켜 유도하였다¹⁵⁾. 간략히 설명하면, 전신마취(케타민, 60 mg/kg, ip) 후 흰쥐 왼쪽 발목의 외측을 절개 후 발목관절낭에서 발꿈치종아리 인대(CF)을 절단하고 뒤목말종아리 인대(PTF)를 확인하여 절단한다. 육안으로 종아리뼈(fibular)와 목말뼈가 분리되는 것을 확인 후 60초 동안 관절의 분리 상태를 유지하고 수술 부위를 봉합한다.

3. 취혈 및 실험군의 분류

3단계 발목염좌 모델에서 경혈별 자극방법에 대한 2시간 후의 통증 회복효과와 진통효과를 비교 관찰하기 위하여, 양릉천(GB34), 현종(GB39), 지오회(GB42)에 각각 전침, 온침 및 고주파온침 자극을 마취 상태에서 5분간 수행하였다. 전침과 온침 및 고주파온침 자극의 회복효과와 기전연구를 위한 취혈은 실험동물의 환측 다리에 서 족소양담경의 습자이자 八會穴의 筋會인 양릉천(GB34), 八會穴의 髓會인 현종(GB39)과 지오회(GB42)를 취혈^{16,17)}하였다.

경혈의 자극방법에 따른 2시간 후의 진통효과를 비교하고자 5분간 마취 상태에서 아무런 처치를 하지 않은 대조군(Control)과 실험군은 GB34, GB39, GB42에 각각 전침자극을 수행한 EA군, 온침자극을 수행한 WN군, 고주파온침자극을 수행한 RFWN군으로 나누었다.

7일간의 통증 회복효과를 비교 관찰하기 위하여 발목염좌 유발 24시간 후 매일 동일한 시간에 동일한 방법으로 실험을 수행하였다. 아무런 처치를 하지 않은 대조군과 실험군은 양릉천에 전침자극을 수행한 EA GB34군, 온침자극을 수행한 WN GB34군, 고주파온침자극을 수행한 RFWN GB34군과, 현종에 전침자극을 수행한 EA GB39군, 온침자극을 수행한 WN GB39군, 고주파온침자극을 수행한 RFWN GB39군과 지오회에 전침자극을 수행한 EA GB42군, 온침자극을 수행한 WN GB42군, 고주파온침자극을 수행한 RFWN GB42군으로 나누었다. 해당 실험군의 동물 수는 실험결과에서 각각 나열하였다.

4. 동물행동 검사

통증 정도를 비교하기 위해서 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)의 변화량 측정은 Baumhauer 등¹⁸⁾과 Kern-Steiner

등¹⁹⁾의 실험방법을 이용하였다. 먼저 족부하중을 측정하기 전에 모든 실험동물의 체중을 측정하였고 FWBFR의 측정을 위하여 발목염좌 유발 전과 유발 24시간 후에 행동검사가 시행되었다. 발목염좌 유발 후 환측 뒷다리의 FWBFR을 측정하여 그 값이 40% 이상인 경우는 실험대상에서 제외하였고, 시간 경과에 따른 FWBFR의 변화 추이를 측정하기 위하여 매일 동일한 시간에 행동검사를 실시하였으며, 동물행동검사는 무작위 맹검법을 이용하여, 각 측정 시간마다 8회 이상 실시하여 그 평균값을 측정값으로 하였다.

FWBFR 값을 측정하기 위하여 다음과 같은 동물행동검사를 시행하였다. 실험동물이 불투명한 아크릴로 만든 폭 12 cm, 높이 10 cm 및 길이 80 cm의 통로를 자유롭게 움직이도록 허용하였고, 통로 바닥의 중앙에는 전자저울(IP-300, 이노템, 한국)을 설치하여 환측 발이 접촉하여 생기는 압력만을 측정하였다. 전자저울의 출력 전기신호는 압력의 변화를 전압의 변화로 나타낸다. 따라서 본 실험에서는 AD convertor(CED1401 plus, Cambridge Electronic Design Ltd, UK)와 spike 2 프로그램(version 7.0, Cambridge Electronic Design Ltd, UK)을 이용하여 전압의 변화를 압력 단위로 환산하였다. 그리고 FWBFR은 다음과 같은 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)} \\ = \text{족부보행하중(foot stepping force)/체중(body weight)} \times 100$$

각각의 FWBFR을 통해 발목염좌 전후의 변화 및 전침, 온침 및 고주파온침의 자극방법에 따른 자극 2시간 후의 진통효과를 비교 관찰하기 위하여 통증 회복지표(pain recovery index, PRI)를 다음과 같은 식으로 산출하였다.

$$\text{통증 회복지표(pain recovery index, PRI)} \\ = (\text{자극 후 FWBFR} - \text{자극 전 FWBFR}) \\ / (\text{발목염좌 전 FWBFR} - \text{발목염좌 후 FWBFR}) \times 100$$

한편 이를 기반으로 발목염좌 통증으로 인하여 감소된 FWBFR에 매일 반복된 전침, 온침 및 고주파온침 자극의 7일간 통증 회복효과를 비교 관찰하고자 발목염좌 유발 후 24시간 단위로 FWBFR의 변화를 7일간 측정을 수행하였다. 반복된 각 자극에 따른 통증 회복효과를 확인하기 위하여 전술한 통증 회복지표(PRI)를 응용하여 변형 통증 회복지표(modified pain recovery index, mPRI)를 산출하였다.

$$\text{변형 통증 회복지표(modified pain recovery index, mPRI)} \\ = (\text{발목염좌 경과일(days) FWBFR} - \text{발목염좌 후 1 day FWBFR}) \\ / (\text{발목염좌 전 FWBFR} - \text{발목염좌 후 1 day FWBFR}) \times 100$$

5. 전침, 온침 및 고주파온침 자극방법

경혈별 시간 추이에 따른 전침과 온침 및 고주파온침 자극의 진통효과를 비교하기 위하여 FWBFR의 변화율 측정 30분 후 동일한 조건의 전침과 온침 및 고주파온침 자극을 수행하였다. 또한 7일간 통증 회복효과를 비교 관찰하고자 24시간 단위로 FWBFR의 변화율 측정 30분 후 동일한 조건의 전침과 온침 및 고주파온침 자극을 5분간 시행하였다.

1) **전침자극:** 실험동물이 3% isoflurane 마취된 상태에서 취혈하여, 1 mm 간격으로 배열된 한쌍의 stainless steel needles($\varnothing$ 0.18×20 mm, 동방수지침, 한국)을 경혈에 따라 3~5 mm 깊이로 자입하였다. 전기자극은 Pulsemaster(A300, WPI, USA)를 이용하여 주파수와 자극시간을 조절하였고, stimulus isolator(A385, WPI, USA)를 통해 1 ms 펄스, 2 mA의 강도와 2 Hz의 빈도로 구형파 형태의 자극을 bipolar 방식으로 5분간 수행하였다.

2) **온침자극:** 실험동물이 마취된 상태에서 취혈하여, 경혈에 따라 3~5 mm 깊이로 자입된 stainless-steel needles($\varnothing$ 0.18×20 mm, 동방수지침, 한국)의 침병에 艾炷灸용 쭉을 올려놓고 연소시켰으며, 이때 피부와 뜬과의 거리는 0.8~1 mm이다. 온침자극에 사용된 애주구는 태극뜸(행림서원, 한국)을 전자저울(AR4130, OHAUS, USA)를 사용하여 1~1.2 g으로 제작하고, 반복 연소를 통하여 5분간의 온침자극을 수행하였다.

3) **고주파온침자극:** 실험동물이 가스마취된 상태에서 취혈하고, 침침 1 mm와 침병 3 mm를 제외하고 의료용 teflon으로 코팅한 절연 침을 제작하여 혈위에 따라 절연된 침을 3~5 mm 깊이로 자입하고 침병을 고주파온침자극기(RFWS 100, (주)싸이버메딕) 프로브에 연결하였다(Fig. 1). 고주파온침자극기는 300 KHz의 고주파 전류를 생체에 공급하여 설정된 온도에 따라 제어되도록 전류조절이 가능하고, 출력상태의 전류를 감지하여 정밀한 고주파 출력의 전류 제어가 가능하다. 실험동물에서 고주파온침자극기를 이용하여 경혈점을 5분간 자극하였고, 고주파온침의 경혈자극에 따른 온도변화는 적외선체열촬영기(IR200, MERIDIAN)에 나타나는 27~44°C로 색깔에 따른 온도변화를 확인하여 하여 측정하였다(Fig. 2).

6. 통계분석

모든 데이터는 Mean±SEM으로 나타내었다. 통계검사는 Duncan's multiple comparison post-hoc test에 의한 two-way ANOVA

Fig. 1. (A) Prototype of Radio Frequency Warm Needling(RFWN) device is mechanically composed of the frequency monitor, (B) the stimulator body which is called RFWS-100, (C) the probes, (D) the earth plate and (E) teflon coated insulated needle; two arrows indicate uninsulated portion at the needle tip(1 mm) to acupoint and the top of needle(3 mm).

Fig. 2. Temperature responses which were measured by Digital Thermography(IR200) at three acupoints that were stimulated by RFWN. (A) is response without stimulating, (B) at GB34, (C) at GB39, (D) at GB42.

with repeated measures를 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다 (SAS 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.). p 값이 0.05보다 작으면 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

Fig. 3. Comparison of the recovery of ankle sprained pain expressed as modified pain recovery index(mPRI) following daily varying acupuncture stimulation to GB34.

mPRI in the affected limb was calculated follows as: $mPRI = \frac{(FWBFR \text{ on post-operative days} - FWBFR \text{ on 1st day after operation})}{(FWBFR \text{ before operation} - FWBFR \text{ on 1st day after operation})} \times 100$. Values are mean $\pm$ SEM of each group. Varying acupuncture stimulation applied for 5 mins just after measuring foot stepping force at everyday after the induction of surgical ankle sprain. Arrows indicate 6 times acupuncture application since 1 day after sprain induction. Control(open circle, $n=7$), surgical ankle sprained rats; EA GB34(filled circle, $n=5$), stimulation with EA to ipsilateral GB34 acupoint; WN GB34(filled diamond, $n=6$), stimulation with warm needling(WN) to ipsilateral GB34 acupoint; RFWN GB34(filled square, $n=6$), stimulation with radio frequency warm needling(RFWN) to ipsilateral GB34 acupoint. $*p < 0.05$ indicate values significantly different from the control group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

결 과

1. 양릉천(GB34)의 자극방법에 따른 통증 회복효과 및 진통효과

전침, 온침 및 고주파온침을 매일 5분간 환측 GB34에 6일간 시술하면서 7일간 mPRI 수치를 비교하였다. 3단계 발목염좌 실험동물에서 대조군의 경우 자연적 치유에 따라 7일째 $26.22 \pm 2.32\%$ 수준의 통증 회복과정을 나타냈다.

실험군의 전침자극(EA GB34)은 2일째부터 $13.53 \pm 1.96\%$ 로 대조군에 비해 뚜렷하게 통증 회복을 보였으며, 이러한 통증 회복효과는 7일 후 $58.86 \pm 3.9\%$ 까지 뚜렷하게 통증이 회복되었다($p < 0.05$). 이는 기존 15분의 전침자극을 가한 연구결과²⁰⁾와 비슷한 양상의 통증 회복효과를 나타내었다. 온침자극(WN GB34)을 가한 경우 3일째 $-4.04 \pm 0.94\%$ 와 7일째 $21.68 \pm 0.79\%$ 로 대조군에 비해 낮은 회복 효과를 나타냈다. 고주파온침자극(RFWN GB34)은 4일째 $21.6 \pm 3.27\%$ 와 7일째에는 $37.35 \pm 2.58\%$ 로 대조군에 비해 뚜

Fig. 4. Analgesic effects of varying acupuncture stimulation to GB34 acupoint on the surgical ankle sprained pain expressed as PRI.

PRI=(FWBFR after stimulation-FWBFR before stimulation)/(FWBFR before surgery-FWBFR before stimulation) $\times$ 100. 100% means full recovery of FWBFR to pre-ankle sprain levels. The filled bars(After) represent values at 2 hours after varying acupuncture stimulation for 5 mins. Control group(n=7), surgical ankle sprained rats; EA group(n=5), stimulation with electroacupuncture; WN group(n=6), warm needling; RFWN group(n=6), radio frequency warm needling. \$ p <0.05 indicates values significantly different from the control group. *indicates significant difference of PRI before and after stimulation(* p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001).

Fig. 5. Comparison of the recovery of ankle sprained pain expressed as modified pain recovery index(mPRI) following daily varying acupuncture stimulation to GB39.

The other notations are the same as the previous figure. Control-(open circle, n=7), surgical ankle sprained rats; EA GB39(filled circle, n=5), stimulation with EA to ipsilateral GB39 acupoint; WN GB39(filled diamond, n=6), stimulation with WN to ipsilateral GB39 acupoint; RFWN GB39(filled square, n=6), stimulation with RFWN to ipsilateral GB39 acupoint. * p <0.05 indicate values significantly different from the control group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

Fig. 6. Analgesic effects of varying acupuncture stimulation to GB39 acupoint on the surgical ankle sprained pain expressed as PRI.

Control group(n=7), surgical ankle sprained rats; EA group(n=5), stimulation with electroacupuncture; WN group(n=6), warm needling; RFWN group(n=6), radio frequency warm needling. \$ p <0.05 indicates values significantly different from the control group. *indicates significant difference of PRI before and after stimulation(* p <0.05, ** p <0.01, *** p <0.001). The other notations are the same as the previous figure.

Fig. 7. Comparison of the recovery of ankle sprained pain expressed as modified pain recovery index(mPRI) following daily varying acupuncture stimulation to GB42.

The other notations are the same as the previous figure. Control-(open circle, n=7), surgical ankle sprained rats; EA GB42(filled circle, n=5), stimulation with EA to ipsilateral GB42 acupoint; WN GB42(filled diamond, n=6), stimulation with WN to ipsilateral GB42 acupoint; RFWN GB42(filled square, n=6), stimulation with RFWN to ipsilateral GB42 acupoint. * p <0.05 indicate values significantly different from the control group by the two-way ANOVA with repeated measures followed by the Duncan's post-hoc test.

Fig. 8. Analgesic effects of varying acupuncture stimulation to GB42 acupoint on the surgical ankle sprained pain expressed as PRI.

Control group(n=7), surgical ankle sprained rats; EA group(n=5), stimulation with electroacupuncture; WN group(n=6), warm needling; RFWN group(n=6), radio frequency warm needling. $^{\$}p<0.05$ indicates values significantly different from the control group. *indicates significant difference of PRI before(blanked bar) and after stimulation($^{**}p<0.01$). The other notations are the same as the previous figure.

몇한 통증 회복효과($p<0.05$)를 보여주었다(Fig. 3).

발목염좌 실험동물에서 대조군의 PRI 변화는 4.41%로 2시간 전에 비해 통계적으로 유의한 수준을 나타냈다. 이러한 PRI 변화를 기준으로 실험군과 비교한 결과 GB34에 전침자극(EA)을 가한 경우에는 26.97%로 자극 전에 비해 뚜렷하게 증가하여 대조군에 비해 유의한 변화를 보였으며($^{\$}p<0.05$), 고주파온침자극(RFWN)은 3.18%로 대조군과 뚜렷한 차이를 보여주지는 못하였으며, 온침자극(WN)의 경우에는 -3.65%로 오히려 자극 전의 대조군에 비해 감소하였다(Fig. 4).

2. 현종(GB39)의 자극방법에 따른 통증 회복효과 및 진통효과

GB39에 매일 반복된 전침자극(EA GB39)은 2일째부터 $14.12\pm4.08\%$ 로 대조군에 비해 뚜렷하게 통증 회복을 보였으며($p<0.05$), 7일 후에는 $45.99\pm4.49\%$ 까지 통증 회복효과를 보여주었다($p<0.05$). 온침자극(WN GB39)은 통증 회복효과가 나타나지 않았으며, 고주파온침자극(RFWN GB39)은 WN GB39에 비해서는 통증 회복효과는 증가하였으나, 대조군에 비해 유의한 차이를 나타내지 못하였다(Fig. 5).

3단계 발목염좌에서 GB39의 자극별 2시간째 진통효과를 살펴보면, 대조군의 PRI 4.41%에 비하여 전침자극(EA)을 가한 경우와 고주파온침자극(RFWN)은 각각 25.06%와 11.72%($^{***}p<0.001$)

로 자극 전과 비교할 때 뚜렷한 진통효과를 나타내었다($^{\$}p<0.05$). 하지만 온침자극(WN)의 경우에는 -2.39%로 오히려 자극 전보다 PRI가 감소하였다(Fig. 6).

3. 지오회(GB42)의 자극방법에 따른 통증 회복효과 및 진통효과

3단계 발목염좌의 통증 회복에 대한 GB42의 자극방법에 따른 효과를 대조군과 비교하여 살펴보았다. 매일 반복한 고주파온침자극(RFWN GB42)은 2일째의 완전한 통증 회복효과는 3일째부터 $23.66\pm3.16\%$ 로 크게 증가하여 7일째에는 $44.65\pm3.82\%$ 로 뚜렷한 통증 회복효과를 보여주었다($p<0.05$). 한편 전침자극(EA GB42)의 경우는 2~6일째 유의한 회복효과를 나타내지 않았으나, 다만 7일째 $35.41\pm3.59\%$ 로 대조군에 비해 유의한 통증 회복효과가 있었으며, 온침자극(WN GB42)에서는 통증의 회복효과가 나타나지 않았다(Fig. 7).

발목염좌 통증에 대한 GB42의 자극별 진통효과를 자극 전과 후의 2시간째를 비교하여 살펴보면, 전침자극(EA)에서는 PRI가 6.54%로 자극 전에 비해 증가하였지만 통계적으로 유의하지 않았고, 이러한 점은 일주간의 반복된 전침자극의 통증 회복에 효과를 보이지 않은 것에 관련된 것으로 보인다. 또한 온침(WN) 자극 후 PRI 변화는 -1.98%로 진통효과가 나타나지 않았다. 고주파온침(RFWN)은 자극 후 PRI가 18.51%로 증가하여 유의한 진통효과($^{\$}p<0.05$, $^{**}p<0.01$)를 나타냈다(Fig. 8).

고찰

발목염좌는 한의학에서 足痛, 足跟痛, 踝痛, 足心痛 등²¹⁾의 “근상증(筋傷症)” 범위에 속하고¹⁾, 유형과 증상 및 징후에 따라 3단계(Grade 1~3)로 분류된다. 3단계(Grade 3)는 통증, 부종, 출혈이 심각한 상태로 인대손상이 완전히 일어나고 보행의 기능적인 소실이 아주 크며 한번 발생하게 되면 섬유 조직의 손상으로 약해진 인대의 기능이 저하되어 내반이 일어나는 횡수가 증가하며 일상생활에 큰 불편이 야기된다^{22,23)}. 이러한 발목염좌는 제1차 의료기관 및 응급실을 최다빈도로 찾는 상병으로서, 손상 초기에 효과적인 치료를 받지 않을 경우 만성발목 불안증(chronic ankle instability, CAI)으로 이환되는 확률이 높다^{3,24)}. 또한 정확한 진단과 적절한 치료로써 추후 재손상을 예방할 수 있을 뿐만 아니라, 대부분의 발목염좌는 비수술적요법으로써 성공적으로 치료할 수 있다¹⁶⁾. 이에 발목염좌의 진단에서는 환부에 대한 정확한 국소 해부병리학적 소견

이 임상 현장에서 더욱 요구되고 있고, 그 진단에 따른 치료를 위한 지침에 관한 연구에서는 환부의 경혈에 대한 자극이 효과적인 것으로 가설하여 실험이 진행될 수 있다.

본 연구에 사용된 양릉천, 현종, 지오회는 발목염좌 유발부위의 경혈로, 외측 인대손상부위 경맥순행 부위인 足小陽膽經의 동일 경맥상에 위치하고 있다. 한의학적 경혈의 혈성에 근거하여 족소양담경의 八會穴이자 八會穴의 筋會穴이며 舒筋骨의 혈성을 가지고 있어 근육과 관절의 긴장을 풀어주어 진통효과가 있는 양릉천(GB34)과 八會穴의 髓會穴이며 理氣止痛의 혈성을 가지고 있으며 足部捻挫에 대한 치료효과가 있는 현종(GB39) 및 舒筋絡의 혈성을 가지고 있으며 족부 종통에 대한 치료효과가 있는 지오회(GB42)를 취혈^{16,17)}하여 경혈의 특이성 연구를 하였다.

발목염좌에 대한 한의학의 치료방법 중 하나인 침구치료는 서양에서도 점차 증가하는 추세이다²⁵⁾. 동물 실험연구 결과에서도 발목염좌에 대한 전침을 포함한 다양한 침자극²⁶⁻²⁹⁾이 매우 뚜렷한 진통효과를 보이는 것으로 보고되고, 그 중 주요 연구는^{11,30)} 통증 유발 부위와 관련한 전침자극의 효과가 많이 연구되었으며, 자극의 빈도 및 강도¹⁰⁾에 따라 상이한 진통효과가 있는 것으로 알려졌다.

온침요법이란 자침 후 침병에 애구구 솥을 올려놓고 연소하여, 경혈에 침자극과 온열자극³¹⁾을 동시에 가하여 신체의 기혈 순환에 도움을 주는 것으로, 피부로 전달된 온열자극은 모세혈관의 확장³²⁾으로 혈액순환이 촉진되며, 침자극을 통한 교감신경 흥분으로 모세혈관의 혈액 증가를 통한 염증의 흡수 작용^{33,34)}을 하게 되고, 근골격계 통증성 질환¹²⁾과 퇴행성 슬관절염¹³⁾ 및 요통환자³⁵⁾ 대해 유의한 치료효과 보고되었다.

고주파온침은 주파수 변화를 이용하여 열을 발생시키는 방법으로 1889년 Joubert는 일정 수준 이상으로 주파수를 높여주면 더 이상 근수축이 일어나지 않는다는 사실을 알아냈고, Joubert의 실험을 이어받은 d'Arsonval이 주파수가 5,00 Hz를 넘으면 근수축이 감소되고 10,000 Hz 정도에서는 근수축이 유발되지 않음을 보고하였으며, 자가 실험으로 정도의 온감(warmth sensation)이 있음을 찾아내어 고주파전류를 이용한 조직가열의 의학적 이용가능성을 제시하였다. 고주파전류(Radio Frequency current)란 10 KHz 이상의 교류전파로 인체조직에 통전시킬 때 이온운동이 거의 일어나지 않아 전기화학적 반응이 없고, 빠른 진동 전류 에너지는 열에너지로 변환되는 특징이 있어, 정상근을 자극시킬 수 있는 진동기간은 1 ms 정도이나 고주파전류의 맥동기간은 0.001 ms에 지나지 않아 감각신경 및 운동신경을 자극하지 않기 때문에, 불편감이나 근수축을 일으키지 않으면서 신체조직 안의 특정 부위를 가열할 수 있어, 1900년 Riviere가 피부암 치료에 사용한 이후 의료용으로

많이 이용되어왔다³⁶⁾. 실험연구로는 온침에 의한 온도 변화와 고주파온침자극기에 의한 부위별 온도 변화³⁷⁾ 등의 차이에 기초하여 치료하고자 하는 질병 부위의 특징에 맞는 치료를 선택할 수 있는 근간이 마련되었으며, 습윤에 고주파온침자극으로 관절염 치료³⁸⁾에 효과적인지를 부중, weight balance, NO 및 nNOS의 농도 변화 등 염증에 관한 세부적인 항목에서 확인하여 유의한 치료 효과가 나타나는 것으로 확인되었고, 만성 관절염에 있어서 申脈에 대한 고주파온침자극은 진통과 항염증 작용¹⁴⁾의 효과가 있음을 보고하였다.

이에 본 연구는 발목염좌 초기에 정확한 진단과 적절한 치료로써 추후 만성발목 불안증^{3,24)}으로 이환되는 재손상을 예방하고, 진단에 따른 적절한 경혈 선택과 치료방법을 위한 지침에 관한 연구로 환부의 경맥순행에 부합하는 경혈에 대한 전침, 온침 및 고주파온침의 자극방법에 따른 진통효과를 비교 관찰하고, 임상에서의 안정성을 확보하고, 치료율을 높이고자 하였다.

본 연구에 사용된 방법은 Sprague-Dawley계 쥐의 좌측 발목 외측 인대를 Kim 등¹⁵⁾의 수술적 방법으로 손상시켜 3단계 발목염좌 모델을 만든 후, Baumhauer 등¹⁸⁾과 Kern-Steiner 등¹⁹⁾의 동물행동검사에서 이용한 족부하중비율(foot weight bearing force ratio: FWBFR)을 응용하여 24시간 간격으로 7일간 그리고 초기손상과 자극 2시간 후의 통증회복지표(Pain Recovery Index: PRI)와 변형통증회복지표(modified Pain Recovery Index: mPRI)를 산출하여 PRI 및 mPRI의 변화를 비교·분석하여 통증 회복효과와 진통효과를 관찰하였다. 본 연구에 사용된 경혈은 경락학설에 근거한 3단계 발목염좌 모델의 손상 부위의 외측인대군 부위 경맥인 족소양담경의 양릉천(GB34), 현종(GB39), 지오회(GB42)를 선택하여 동일 경락의 경혈을 전침, 온침 및 고주파온침의 자극방법에 따라 통증 회복효과와 진통효과를 비교함으로써 자극방법에 따른 경혈의 특이성을 관찰하였다. 이를 위해 통증 회복효과를 측정하기 위해서 발목염좌를 유발한 첫째 날부터 각 혈위에 매일 5분간 전침, 온침 및 고주파온침을 시술하고, FWBFR을 측정하여 7일간의 변형 통증 회복지표인 mPRI 수치를 비교하였고, 진통효과를 측정하기 위해서 5분간 전침, 온침 및 고주파온침을 시술하고, 2시간 후에 족부하중비율을 측정하여 통증 회복지표인 PRI 수치를 비교하였다.

경혈의 각 자극 방법에 따른 7일간의 통증 회복효과를 살펴보면, 대조군의 경우 일주일에 걸쳐 자연적 치유에 따라 7일째 $26.22 \pm 2.32\%$ 수준의 통증 회복을 나타낸다. 7일째 통증 회복효과가 유의성 있었던 실험군을 살펴보면, EA GB34군($p < 0.05$), EA GB39군($p < 0.05$), RFWN GB42군($p < 0.05$), RFWN GB34군($p < 0.05$), EA GB42군이었다. 또한 경혈의 각 자극 방법에 따른 2시간

후의 진통효과를 대조군과 비교하여 살펴보면, EA GB34군($p < 0.05$), EA GB39군($p < 0.05$), RFWN GB42군($p < 0.05$), RFWN GB39군($p < 0.05$)에서 효과가 있었다. 이는 경혈의 특이성에 따라 전침과 고주파온침 자극에서 통증 회복효과와 진통효과가 있음이 관찰되었다.

이상의 실험 결과로 경혈에 따른 각 자극의 통증 회복효과와 진통효과에 대하여 종합하면, 온침자극에서는 통증 회복효과와 진통효과가 관찰되지 않았다. 기존 손상된 인대의 회복에 대한 온침의 효과 연구³⁹⁾에서 섬유아세포의 증가와 단백질의 양적 증가 효과에 대한 결과와는 상이하였지만, 이는 4주와 8주 후에 치유과정에 효과적인 것으로 보고되었으나, 본 연구에서는 염좌 유발 후의 1주일 이내에는 통증 회복효과가 관찰되지 않아 상이한 결과가 도출되었으나, 이는 급성 염좌에서의 온침 시술 시기가 중요함을 시사하여, 추후 온침 시술 시기에 관한 좀더 구체적인 연구가 필요할 것이다. 전침자극에서 GB34와 GB39의 통증 회복효과와 진통효과는 뚜렷하였으나, GB42는 유의한 진통효과를 보이지 않았다. 또한 고주파 온침자극에서 GB39와 GB42는 유의한 통증 회복효과와 진통효과를 보였으며, GB34는 유의한 진통효과를 보이지 않았다.

결론적으로 임상 현장에서 급성 발목염좌 진단에 대한 정확한 소견이 더욱 요구되며, 그 진단에 따른 침치료와 자극방법의 지침이 확립될 필요가 있다. 또한 각각의 경락체계 또는 경혈의 다양한 작용은 자극방법에 따라서 각기 다른 기전을 통해 이루어진다. 이것이 발목염좌 치료의 진단과 치료에 중요한 요소의 하나라고 생각한다. 이러한 상황에서 앞으로의 발목염좌의 침구치료에 대한 연구에서는 다양한 경혈뿐만 아니라 자극방법에 따른 적정 자극량을 파악하기 위한 자극조건에 따른 실험 연구와 내인성아편계수용체(opioid receptor)와 α -아드레날린계수용체(α -adrenoceptor)의 역할 등을 통해서 경혈 자극에 의한 발목염좌의 진통 기전을 규명하는 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

현쥐의 발목염좌에 대한 경혈적 특이성과 자극방법에 따른 진통효과를 알아보기 위해 경혈에 대해 전침, 온침 및 고주파온침 자극을 수행하고, 그 자극이 경혈에 따른 통증반응에 미치는 효과를 관찰하였다.

1. 온침자극에서 통증 회복효과와 진통효과는 관찰되지 않았다.
2. 전침자극 수행 후 양릉천과 현종의 통증 회복효과와 진통효과는 뚜렷하였으나, 지오회는 유의한 진통효과를 보이지 않았다.

3. 고주파온침자극에서 현종과 지오회는 유의한 통증 회복효과와 진통효과를 보였으며, 양릉천은 유의한 진통효과를 보이지 않았다.

이상의 결과 발목염좌의 진통효과는 선택적 경혈의 자극방법에 따라 뚜렷한 차이를 나타내고 있음을 추정 할 수 있다. 하지만 이 실험의 결과만으로 특정 경혈의 특이성과 자극방법의 상관성에 대한 관계를 단정 짓기에는 미흡하며, 추후 다른 경맥순행의 경혈에 대한 진통효과 비교 연구와 다양한 방법론을 통한 진통 기전 규명이 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).

References

1. Heo Jun. DongUiBoGam. Seoul : Bubun publishing Co. 2011 : 632.
2. Czajka CM, Tran E, Cai AN, DiPreta JA. Ankle sprains and instability. Med Clin North Am. 2014 ; 98(2) : 313-29.
3. Dubin JC, Comeau D, McClelland RI, Dubin RA, Ferrel E. Lateral and syndesmotank ankle sprain injuries: a narrative literature review. J Chiropr Med. 2011 ; 10(3) : 204-19.
4. 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 Dissertations. 2004 ; 13(1) : 287-93.
5. You TS, Park DS, Kang SK. Clinical observations on treatment of ankle-sprain. Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Medicine. 2004 ; 21(1) : 168-75.
6. 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.
7. 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 and Moxibustion Medicine. 2005 ; 22(3) : 243-52.
8. Lin CY, Kang JH, Wang CL, Shau YW. Relationship between viscosity of the ankle joint complex and functional ankle instability for inversion ankle sprain patients. J Sci Med Sport. 2014 ; S1440-2440(14) : 40-1.
9. Van den Bekerom MP, Struijs PA, Blankevoort L, Welling L, van Dijk CN, Kerkhoffs GM. What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults. J Athl Train. 2012 ; 47(4) : 435-43.
10. Lee JH Beitz AJ. The distribution of brain-stem and spinal cord nuclei associated with different frequencies of electroacupuncture analgesia. Pain. 1993 ; 52(1) : 11-28.
11. Hsieh CL, Kuo CC, Chen YS, Li TC, Hsieh CT, Lao CJ et al. Analgesic effect of electric stimulation of peripheral nerves with different electric frequencies using the formalin test. Am J Chin Med. 2000 ; 28(2) : 291-9.
12. Chung JY, Choi DY, Woo HS, Kang SK. Review of Clinical Trials on Warming Acupuncture for Musculoskeletal Pain Diseases. Journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Medicine. 2009 ; 26(4) : 11-8.
13. Min WK. A Comparative study of Warm needling and Acupuncture on Osteoarthritis of the Knee : a Randomized Controlled Trial. Department of Applied Korean Medicine Graduate School Thesis(doctoral). 2008.
14. Jeon IS. Effects of High Frequency Warming Needling Device when Stimulating Acupoint at BL₆₂ in the Carrageenan-Induced Arthritic Rats. College of Oriental Medicine, Graduate School of Wonkgang University, Thesis(doctoral). 2009.
15. Kim HY, Wang JG, Chung KS, Chung JM. A surgical ankle sprain pain model in the rat: Effect of morphine and indomethacin. Neuroscience Letters. 2008 ; 442(2) : 161-4.
16. Meridians and Acupoints Compilation Committee of Korean Medical Colleges. Details of Meridians and Acupoints. A Guidebook for College Students. Daejeon : Jongryenam Publishing Co. 2010 : 268, 318, 506, 512-5.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Yang SB, Choi SJ, Lee SH, Kim MS, Sohn IC, Kim JH. The Mechanism for Analgesic Effects of Electroacupuncture on Surgical Ankle Sprain Model Classified as Grade 3 in Rats. Korean Journal of Acupuncture. 2013 ; 30(4) : 220-9.
21. 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.
22. Wolfe MW, Uhl TL, Mattacola CG, McCluskey LC. Management of ankle sprains. Am Fam Physician. 2001 ; 63(1) : 93-104.
23. Hanuri Editorial Department. The Merck Manual. Hanuri publishing. 2002 : 526-7.
24. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. Br J Sports Med. 2005 ; 39 : e14.
25. Silvert M. Acupuncture wins BMA approval. BMJ. 2000 ; 321(7252) : 11.
26. 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.
27. Park SY, Choi YY, Jeon IS, Koo ST, Kim KS, Sohn IC, Kim JH. Capsaicin pharmacopuncture modulates ankle sprain induced pain in rats. The Korean Journal of Meridian and Acupoint. 2006 ; 23(2) : 113-23.
28. Koo ST, Cho MS, Park SS, Kim YT, Park KJ, Sohn IC et al. Effect of Frutus gardeniae herbal acupuncture on the rat model of ankle sprain pain. Korean Journal of Acupuncture. 2005 ; 22(2) : 57-88.
29. Kim Il, An SH, Koo ST, Kim SY, Kim KS, Sohn IC. Effect of Acupuncture applied to Hand Yang Meridian on the Rat Model of Ankle Sprain Pain. The Korean Journal of Meridian and Acupoint. 2004 ; 21(4) : 69-82.
30. Hao S, Takahata O, Iwasaki H. Electroacupuncture potentiates the antinociceptive effect of intrathecal endomorphin-1 in the rat formalin test. Neurosci Lett. 2000 ; 287(1) : 9-12.
31. Li YJ, Zhang YX. Warm acupuncture treatment of 40 cases of

- wind cold dampness arthralgia. Shandong Journal of Traditional Chinese Medicine. 1995 ; 14(6) : 264.
32. Yang YL. To observe the clinical curative effect of Warm acupuncture and moxibustion in the treatment of chronic pelvic inflammation. Guangzhou University of Chinese Medicine, Thesis(doctoral). 2011.
33. Li YY. 50 Cases of Warm acupuncture therapy was the treatment of cervical disease caused by dizzy. JiLin Journal of Traditional Chinese Medicine. 2004 ; 25(1) : 42.
34. Chen ZX. Comparative observation of infrapatellar fat pad injury effect of warming needle moxibustion and acupuncture for treatment of patellar. Shanghai Journal of Acupuncture and Moxibustion. 2004 ; 16(3) : 20-21.
35. : Lee JH, Jeon HJ, Lee KM, Lee BH, Jung TY, Kim JS, Lim SC. The Case Report of Warming Acupuncture Effect on Lumbago. The Journal of East-West Medicines. 2009 ; 34(2) : 45-58
36. Lee JH. Electrical Therapy. Seoul : Daihak-Seorim. 1995 : 437-89.
37. Hong JA. A Comparative Study of Temperature Changes on Acupuncture Apex Region between High-Frequency and Moxa-Corn Warming Needling Stimulus. College of Oriental Medicine, Graduate School of Wonkgang University, Thesis (doctoral). 2009.
38. Park SY, Kwon OS, Choi WJ, Kim JH, Kim KS, Sohn IC et al. Effects of Radio Frequency Warm Needling of LI4 Acupoint on the Carrageenan-induced Arthritis in Rats. Korean Journal of Acupuncture. 2009 ; 26(2) : 61-74
39. Heo DS. Effects of Warming Acupuncture on Ligament Recovery Following Injury. Department of Oriental Medicine, Graduate School of Dongguk University, Thesis(doctoral). 2006.