



흰쥐의 급성 발목뻘에서 테이핑요법이 cFos 단백질의 발현과 통증억제에 미치는 영향

최석준¹ · 변신규² · 이경완³ · 김재효⁴ · 양승범¹

¹원광보건대학교 의무부사관과, ²원광보건대학교 전투부사관과, ³원광보건대학교 간호학과, ⁴원광대학교 한의과대학 경혈학교실

The Effect of Taping Therapy on the Expression of cFos Protein and Pain Suppression in Acute Ankle Sprain in Rats

Suck-Jun Choi¹, Sin-Kyu Byun², Gyoung-Wan Lee³, Jae-Hyo Kim⁴, Seung-Bum Yang¹

¹Department of Medical Noncommissioned Officer, Wonkwang Health Science University,

²Department of Combat Noncommissioned Officer, Wonkwang Health Science University,

³Department of Nursing, Wonkwang Health Science University,

⁴Department of Meridian & Acupoint, College of Korean Medicine, Wonkwang University

Objectives : The purpose of this study was to evaluate effects of taping therapy on recovery of behavioral symptoms and neural excitability of the lumbar spinal cord in rat model for ankle sprain. **Methods :** Adult Sprague-Dawley rats was used and divided into 3 experimental groups: normal group(n=6), ankle sprain(n=6), and ankle sprain with taping treatment(n=6). In order to induce ankle sprain the right ankle joint was injured with 4~5 repetitive over-flexions and over-extensions manually. The severity of joint pain was evaluated by measuring foot weight bearing force ratio(FWBRF) of the hind limb and the injury-induced edema formation by diameter of the joint following ankle sprain. The changes of neural excitability in the lumbar spinal cord was tested by observation of cFos protein expression, a metabolic marker for neural excitation. **Results :** Severity of ankle injury induced in this experiment coincided with Grade 1 ankle sprain. Compared with ankle sprain group, ankle sprain + taping showed a significant reductions of joint pain as well as of edema formation at the ankle joint following ankle sprain. There was significant upregulation of cFos-immunoreactive neurons in the lumbar spinal cord 24 hours after ankle sprain. In contrast, taping therapy resulted in significant inhibition of cFos-immunoreactive neurons in the lumbar spinal cord. **Conclusions :** Collectively, these results suggest that taping therapy may be an alternative therapeutic intervention for symptom recovery of the mild ankle sprain.

Key words : ankle sprain, taping therapy, foot weight bearing force ratio, cFos-immunoreactive neurons

서 론

발목뻘은 발목관절 부위의 근육, 근건, 인대, 관절낭 등 연부조직의 손상으로 동통, 종창, 국소압통, 발적 및 운동장애가 야기되는 질환으로 대개의 경우에서 과도한 발목의 신전과 내번이 뻘을 야기

한다¹⁾. 이러한 발목뻘은 운동선수에게는 치명적이며 경기력 저하와 연관되어지는데, 2013년 스포츠 손상 중 가장 높은 빈도의 부상 부위가 발목 및 발(20.6%)이었고, 이 부위에서 가장 흔히 발생한 스포츠 손상이 급성 발목뻘(32.7%)이었다²⁾.

발목뻘은 유형과 증상 및 징후에 따라 3단계(Grade 1~3)로 분

Received February 6, 2017, Revised March 12, 2017, Accepted March 14, 2017

Corresponding author: **Seung-Bum Yang**

Department of Medical Noncommissioned Officer, Wonkwang Health Science, 514, Iksan-daero, Iksan 54538, Korea

Tel: +82-63-840-1402, Fax: +82-63-840-1409, E-mail: 123ysb@hanmail.net

This paper was supported by Wonkwang Health Science University in 2015.

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

류되는데, 최소한의 인대 손상, 발목의 기능적 손실, 부종, 통증과 반상출혈 등이 발생하는 1단계(Grade 1)는 보존적 치료로도 효과적이며, 대개 2~3일이면 정상적으로 빠른 회복을 보인다. 2단계(Grade 2)는 부분적인 인대 파열과 보행의 기능적 손실과 중간 정도의 통증, 부종과 반상출혈이 수반되며, 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^{3,4)}. 하지만 Grade 1 수준의 발목 뱀이라도 손상 초기에 효과적인 치료를 받지 않을 경우 만성발목 불안증(chronic ankle instability, CAI)으로 이환되는 확률이 높다⁵⁾.

키네시오 테이핑(Kinesio taping) 요법은 근육위의 피부에 테이프를 부착시켜 근육의 긴장을 억제시키거나 촉진시키기 위해 사용되는 탄력 테이핑 방법으로 1980년 Kenzo Kase에 의해 처음 소개되었으며, 국소부의 순환장애와 부종에 대해 완화효과로 근육과 관절의 기능을 향상시키고 신경억제로 인한 통증을 완화시키는 효과가 있다고 알려져 있으며⁶⁾, 발목뱀 환자에 대한 연구는 훈련을 통한 예방적 방법⁷⁾과 키네시오 테이핑을 통한 발목 안전성 유지⁸⁾와 보전적 치료 방법⁹⁾ 및 재활 등¹⁰⁾의 연구는 많으나, 동물실험을 통한 과학적이고 정량적인 통증억제 연구는 부족하다.

유해자극에 의해 활성화되는 신경세포의 표식자로서 사용되는 c-fos는 전기생리학 연구 또는 경로추적법(track-tracing method)을 사용한 연구로 밝혀져 있는 통증의 전달경로와 fos-LI(fos-like immunoreactivity) 양성 신경세포가 염색되는 위치가 일치하기 때문에 신경세포 활성화의 지표로서 널리 활용되고 있으며¹¹⁻¹³⁾, c-fos 발현을 사용한 통각 연구는 다른 방법에 비해 유해자극에 반응하는 신경세포의 위치를 파악하기 쉽고 염색된 fos-LI의 개수를 셈으로써 간단히 신경세포의 활성도를 정량할 수 있다^{14,15)}.

지금까지의 테이핑요법의 연구는 사람에 대한 훈련이나 예방적 차원의 연구에 국한되었지만, 본 연구는 수기적 방법을 사용하여 흰쥐에서 1단계(Grade 1) 수준의 급성 발목뱀 모델을 제작하여¹⁶⁾, 행동검사인 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)의 측정과 허리뼈 척수에서 신경세포의 흥분 표식자인 cFos 단백질 발현을 통하여 단계에 따른 테이핑요법의 진통 효과의 양상과 신경세포의 흥분성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구 방법

1. 실험동물

실험동물은 7주령(215±15 g)의 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. 본 실험은 원광대학교 동물 실험윤리위원회의 승인을 획득(WKU14-52)하였고 윤리규정을 준수하여 시행하였다.

2. 마취

급성뱀(Grade 1) 모델의 제작을 위해 실험동물의 마취를 ketamin(50 mg/ml, 유한양행, 한국)으로 0.12 ml/100 g을 복강에 투여하였으며, 또한 척수 c-fos의 발현을 확인하기 위하여 urethane (1 g/kg)로 마취하였다.

3. 발목 뱀의 유도

1단계(Grade 1)의 급성 발목뱀을 유도시키기 위해 Koo 등¹⁶⁾이 보고한 방법을 사용하여 전신 마취상태에서 손가락으로 쥐의 왼쪽 발목 외측 인대를 과도하게 신전시킴으로써 발목뱀 모델을 유도하였다. 간략하게 설명하면 오른손 엄지손가락과 검지로 쥐의 오른쪽 발의 안팎에 위치한 복숭아 뼈를 잡고 손가락 힘을 점진적으로 증가시켜서 발목이 자연스럽게 안쪽반침(inversion)되면서 발바닥이 굽힘(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 구부러져 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.

4. 테이핑요법(Taping therapy)

키네시올로지 테이프(Kinesiology tape, TOWATEK KOREA CO. Ltd. KOREA)를 사용하여 국제 밸런스 테이핑 협회에서 지정한 방법을 이용하여 수기적 발목뱀을 유발하고 1시간 후에 적용하였다. 간략하게 설명하면, 먼저 테이프로 안쪽에서 바깥쪽으로 양쪽 복사뼈(both malleolus)를 I자로 감싸주고, 발목의 정중양과 안쪽 복사뼈를 지나면서 뒤 아킬레스건을 감싸면서 발목 앞쪽이

X자가 만들어 지도록 발바닥 안쪽을 향해 테이핑을 하였다(Fig. 1).

5. 동물행동 검사

통증 정도는 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)을 통해 비교하였고, 이를 위해 족부하중을 측정하기 전에 모든 실험동물의 체중을 측정하였고 FWBFR의 측정을 위하여 발목땀 유도 전과 유도 1시간 후에 행동검사가 시행되었다. 발목땀 유도 1시간 후 환측 뒷다리의 FWBFR을 측정하여 그 값이 40% 이상인 경우는 실험대상에서 제외하였고, 또한 시간 경과에 따른 FWBFR의 변화 추이를 측정하기 위하여 24시간 주기로 동일한 시간에 행동검사를 실시하였으며, 동물행동검사는 무작위 맹검법을 이용하여, 각 측정 시간마다 8회 이상 실시하여 그 평균값을 측정값으로 하였다. 또한 FWBFR 값을 측정하기 위한 방법을 간략하게 설명하면, 동물을 불투명한 이크릴로 만든 긴 통로(폭 12 cm, 높이 10 cm, 길이 76 cm)를 자유롭게 걷게 하고, 통로 바닥의 중앙에 전자저울(IP-300, 이노렘, 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 압력(g)으로 환산하였다. 그리고 FWBFR은 다음과 같은 식에 의하여 산출하였다.

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

6. 부종 측정

부종 측정은 양쪽 복사뼈(malleolus) 아래의 발목관절(ankle joint) 부위를 실을 사용하여 피부가 실에 의해 조금도 눌리지 않도록

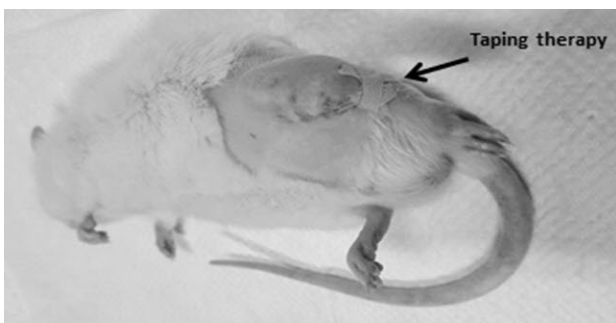


Fig. 1. Photography showing application of taping therapy to the ankle in rats receiving ankle sprain.

록 절대 잡아당기지 않도록 하여 2회 반복 측정하였으며, 모델 제작 전의 정상과 모델 제작 1시간 후 부터 24시간 주기로 3일간 총 5회 측정하였다. 한편 측정된 실은 자(Aluminium Ruler, MIDORI JAPAN CO. Ltd. JAPAN)를 통하여 길이를 측정하였다.

7. 척수 cFos 면역조직화학검사

실험동물을 urethane(1 g/kg)으로 마취 후 pH 7.4의 phosphate buffered saline (PBS) 용액으로 심장을 관류하여 혈액을 제거하였으며, 다시 4% paraformaldehyde로 관류시킨 후 허리뼈 부위의 척수를 수술용 전단기위로 절단하여 척수를 노출시켰다. 수술용 현미경에서 척수를 손상시키지 않고 주변 척수신경을 절단한 다음 허리뼈 팽대부 척수를 선택적으로 분리하였다. 분리된 척수는 다시 수술용 미세칼을 이용하여 허리뼈 팽대부만 선택적으로 4% paraformaldehyde에서 3시간 동안 실온에서 고정된 후 30% sucrose에서 2일 이상 방치하였다. 또한 Cryostat (Leica, Germany)를 이용하여 40 μ m의 두께로 척수 조직절편을 만들어서 세포내 peroxidase의 활성을 억제하기 위하여 6% H₂O₂용액에서 30분 동안 진탕하고, 그 후 pH 7.4의 PBS 용액으로 3회 이상 세척하고 0.3% Triton-X 100으로 30분간 진탕한 후 PBS로 3회 이상 세척하였다. 그 후 blocking agent(normal goat serum)를 실온에서 30분간 처리한 일차항체(cFos, AB-4, Oncogene Sci, USA. 1:1000)를 4°C에서 하룻밤 동안 반응시킨 후 2시간 동안 실온에서 진탕시키고 PBS로 세척하였으며, 이차항체인 biotinylated anti-rabbit & anti-mouse immunoglobulin(Dako, Denmark)을 실온에서 40분간 처리하여 PBS로 세척하고, streptavidin peroxidase(Vector ABC kit)를 20분간 처리하여 PBS로 세척한 뒤 chromogen인 0.05% diaminobenzidine으로 발색하였다. PBS로 1시간 동안 세척한 후 조직을 slide glass에 부착하여 건조하고 탈수과정을 거쳐 cover slide을 덮어 고정하였다. 광학현미경하에서 허리뼈 척수팽대부 절편(L3~L5)에서 갈색의 c-Fos 양성 뉴론을 관찰하였고 화상자동분석시스템(Image-Pro Plus, USA)을 이용하여 허리뼈부 척수 중 가장 면적이 넓은 부위를 선택하여 c-Fos 양성 뉴론 수를 측정하였다. 또한 각 실험동물에서 요수부 척수를 절단하는 과정에서 매 10장(400 μ m)의 척수절편을 조직 보관함에 따로 보관하여 일정한 간격으로 요수부 척수를 절단하였다. 이후 가장 큰 요수부 절편을 선택하여 cFos 면역조직화학 검사를 실시하였습니다.

8. 통계분석

각 실험조건 하에서 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)을 산출하였으며, 데이터는 Mean \pm SD으로 나타내

었다. 통계검사는 Duncan's multiple comparison post-hoc test에 의한 two-way ANOVA with repeated measures를 통하여 통계적 유의성을 검정하였다(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). p 값이 0.05보다 작으면 통계적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

cFos 양성 뉴런로 분석은 염색된 요수부에서 디지털 카메라를 사용하여 요수부를 촬영하였으며, 이후 촬영된 영상으로부터 cFos 양성 뉴런을 정량적으로 분석할 때 본 연구에 대한 정보를 갖고 있지 않은 제3자에 의하여 영상분석 프로그램을 이용하여 분석하였습니다.

결 과

1. 수기적 방법으로 유도된 1단계(Grade 1) 급성 발목뻘 모델의 통증 수준 특징과 테이핑요법의 통증 억제 효과 비교

1) 1단계 수준의 급성 발목뻘 모델의 통증 수준과 특징: 1단계 수준의 급성 발목뻘을 유도하기 위한 manual에 의한 모델의 통증 유치가 1단계 수준에 적합한지를 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)의 변화값을 통하여 정상 모델과 비교하여 모델의 적합성을 살펴보았다. 이를 위하여 발목뻘을 유도하지 않은 대조군(normal group, n=6)과 실험 동물의 환측(왼쪽) 발에 1단계 수준의 급성 발목뻘을 유도한 실험군(ankle sprain group, n=6)로 나누어 각각 3일간 FWBFR의 변화값을 관찰하였다. 그 결과 대조군의 FWBFR은 $60.05 \pm 0.12\%$ (mean \pm SD)였으며, 1단계 수준의 급성 발목뻘을 유도한 실험군의 FWBFR은 $37.92 \pm 1.55\%$ (mean \pm SD, $p < 0.05$)로 지속적인 통증을 유지하여 1단계 수준의 급성 발목뻘의 특징에 부합함을 확인하였다(Fig. 2).

2) 1단계 수준의 급성 발목뻘 모델에 대한 테이핑요법의 통증 억제 효과 비교: 1단계 수준의 급성 발목뻘 모델에 대한 테이핑요법(taping therapy)의 통증 억제 효과를 알아보기로 급성 발목뻘 유도 1시간 후 FWBFR을 측정하고 실험동물을 무작위 배정을 통해 아무런 처치를 시행하지 않은 대조군(ankle sprain group, n=6)과 모델 유도 1시간 후 테이핑요법을 수행한 실험군(ankle sprain + taping group, n=6)을 선정하여 3일까지 비교 관찰하였다. 그 결과 대조군의 FWBFR은 발목뻘 유도 후 1시간에서 $37.65 \pm 0.73\%$ 였으며, 1일째 $35.84 \pm 1.07\%$, 2일째 $37.99 \pm 0.98\%$, 3일째 $40.21 \pm 0.64\%$ 였다. 테이핑요법을 수행하기 위한 실험군의 급성 발목뻘 유도 1시간 후 FWBFR은 $37.29 \pm 0.89\%$ 였으며, 이후 테이핑요법을

적용하였고, 시간 경과에 따른 FWBFR은 1일째 $39.63 \pm 0.62\%$, 2일째 $42.1 \pm 0.78\%$, 3일째 $46.99 \pm 0.8\%$ 로 대조군에 비해 유의한 통증 억제 효과가 관찰되었다($p < 0.05$). 특히 두 군간의 FWBFR을 통한 1일째 비교에서 대조군은 급성 발목뻘 유도 1시간 후 보다 통증이 증가 되는 것으로 관찰되었지만, 실험군은 뚜렷한 진통효과가 관찰 되었다($p < 0.05$, Fig. 2).

2. 급성 발목뻘을 유도한 흰쥐의 테이핑요법(taping therapy)에 대한 부종 효과 비교

1단계 수준의 발목뻘에서 야기되는 부종에 대한 테이핑요법(taping therapy)의 효과를 알아보려고 하였다. 이를 위해 먼저 정상 발목을 측정하고, 1단계 수준의 급성 발목뻘 유도 1시간 후부터 24시간 주기로 3일간 측정하였으며, 실험동물은 무작위 배정을 통해 아무런 처치를 하지 않은 대조군(ankle sprain group, n=6)과 테이핑요법을 수행한 실험군(ankle sprain + taping group, n=6)을 선정하여 부종을 측정하여 비교하였다. 그 결과 정상에서의 수치는 24.23 ± 1.47 mm이고, 급성 발목뻘 유도 1시간 후부터 24시간 주기로 3일간 아무런 처치를 수행하지 않은 대조군의 부종 수치는 28.39 ± 1.93 mm였으며, 테이핑요법을 수행한 실험군은 24 ± 0.59 mm로 유의한 부종 감소 효과가 관찰되었다($p < 0.05$). 특히 1일째 부종 수치 비교를 보면 대조군의 유도 1시간 후의 부종수치는 27 ± 1.41 mm에서 1일째 30.5 ± 1.87 mm로 부종이 증가되는 반면, 테이핑요법을 수행한 실험군은 유도 1시간 후의 부종수치가

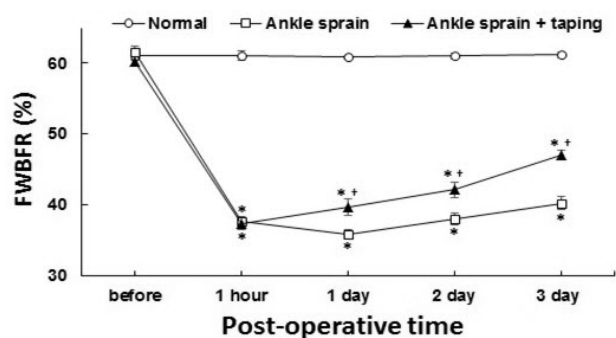


Fig. 2. Time-dependent changes in foot weight bearing force ratio(FWBFR) in hind limbs following ankle sprain. Normal, normal animals with intact ankle; Ankle sprain, animals receiving ankle sprain without no treatment; ankle sprain+taping, animals receiving ankle sprain with taping therapy. Values in each group are mean \pm S.D. of 6 rats. *Denotes statistically significant difference between Normal and Ankle sprain or Ankle sprain+taping group($*p < 0.01$). †Denotes statistically significant difference between Ankle sprain group and Ankle sprain+taping group($†p < 0.05$).

26.5±1.22 mm에서 1일째 24.5±1.22로 부종 수치가 증가하지 않고 오히려 감소됨이 관찰되었다($p<0.05$, Fig. 3).

3. 급성 발목뺨 유도 흰쥐의에서 테이핑요법(taping therapy)의 척수 c-fos 발현의 관찰

1단계 수준의 급성 발목뺨의 족부하중비율(foot weight bearing force ratio, FWBFR)의 1일차에서 특이성이 관찰되었고, 이를 근거로 급성 발목뺨에 대한 테이핑요법(taping therapy)가 신경세포의 흥분성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 허리뼈 척수(L3~L5)에서 신경세포의 흥분 표식자인 cFos 단백 발현을 정상군(Normal group, n=6)과 대조군(Ankle sprain group, n=6), 실험군(Ankle sprain+taping group, n=6)에서 비교 관찰하였다(Fig. 4).

그 결과 발목뺨을 유발하지 않은 정상군의 허리뼈 척수에서는 cFos 양성 뉴런의 발현이 거의 관찰되지 않았다. 그러나 1단계 수준의 급성 발목뺨을 유도하고 아무런 처치를 시행하지 않은 대조군은 24시간 후에 허리뼈 척수에서는 cFos 양성 뉴런의 발현이 전척수층에서 관찰되었으며, 이때 cFos 양성 뉴런의 수는 109.35±

9.91개였다. 또한 발목뺨을 유도하고 테이핑요법을 수행한 실험군은 24시간 후에 허리뼈 척수에서 cFos 양성 뉴런의 수는 56.33±6.26개로 cFos 양성 뉴런의 발현이 전척수층에서 관찰되었다. 이와 같이 두군 사이에 유의한 차이가 있었으며 테이핑요법을 수행한 실험군의 허리뼈 척수에서 신경세포의 흥분성이 대조군에 비해 뚜렷하게 감소되는 것을 관찰하였다($p<0.05$, Fig. 5).

고 찰

운동선수나 일반인에게 하지의 관절 중에 유일하게 지면과 접촉하고 있는 발목관절은 정강뼈(tibia)와 종아리뼈(tibia)의 먼쪽과 목말뼈(talus)가 이루는 경첩관절(hinge joint)로 서거나 보행시에 신체의 안정과 운동기능 유지를 위해 매우 중요한 관절로 해부학적

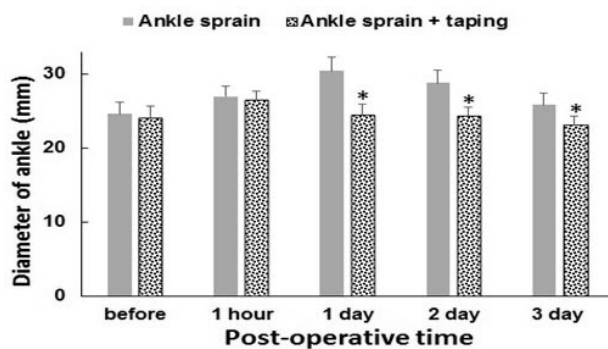


Fig. 3. Time-dependent changes in edema formation at the ankle following sprain injury.

Edema formation was evaluated by measuring the diameter of the ankle joint in each experimental group. The values are mean±SD of 6 rats in each group. *statistically significant difference between Ankle sprain group and Ankle sprain+taping group($*p<0.05$).

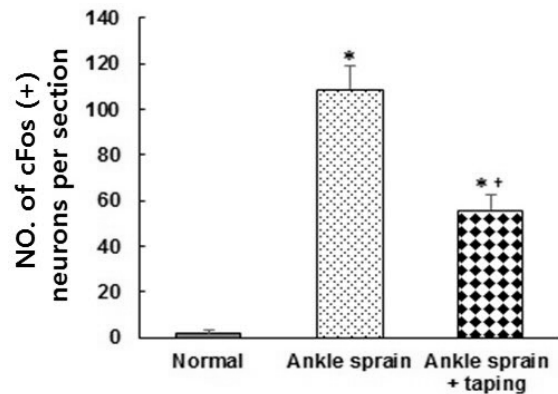


Fig. 5. Comparison for expression of cFos immunoreactive neurons in the lumbar spinal cord of 3 experimental groups.

Normal, normal animals with intact ankle; Ankle sprain, animals receiving ankle sprain without no treatment; ankle sprain+taping, animals receiving ankle sprain with taping therapy. Value in each group is mean±S.D. of 6 rats. *Denotes statistically significant difference between Normal and Ankle sprain or Ankle sprain+taping group($*p<0.05$). †Denotes statistically significant difference between Ankle sprain group and Ankle sprain+taping group($†p<0.05$).

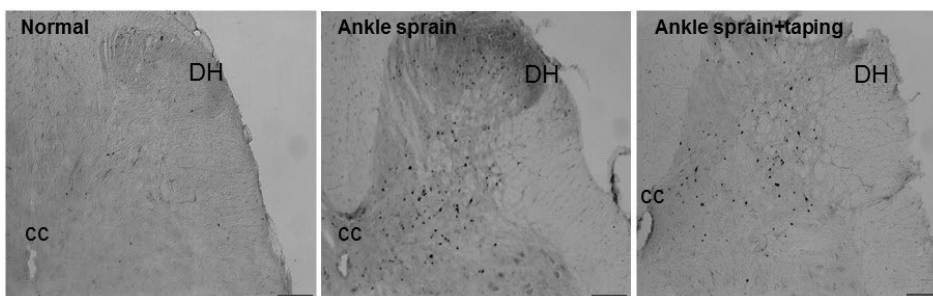


Fig. 4. Representative photographs showing the expression of cFos immunoreactive neurons in the lumbar spinal cord 24 hours following ankle sprain.

Dense dark-colored particles indicate cFos immunoreactive neurons. cc: central canal, DH: dorsal horn, scale bar, 200 μ m.

그 운동이 한 방향에 국한되어 보행 중에 체중의 전체가 발목관절의 지렛대로 작용하면서 쉽게 손상 받아 발목뻘이 유발 되기 쉬우며, 전체 운동성 관련 질환 치료 중 발목관절에서 발생하는 발목뻘 치료가 약 25%로 가장 많으며, 이는 갑작스럽고 과도한 운동과 발목 관절의 약화로 보고되었다^{17,18)}. 발목뻘은 유형과 증상 및 징후에 따라 3단계 분류되며 손상 초기에 효과적인 치료를 받지 않을 경우 만성 재 발생 발목뻘으로 진행되므로 조기치료와 재발 방지가 필요하다¹⁹⁾.

테이핑요법(taping therapy)에 사용되는 tape의 방법에서 C-Tape는 비신축성 테이프로 관절의 안정성을 돕는 위주로 활용되며, 키네시오 테이프(Kinesio-Tape)는 신축성 테이프로 탄력이 있어 손으로 잡아당기면 늘어나는 테이프로 밸런스 테이프(Balance-Tape)라 부르기도 하는데, 테이프를 피부에 붙이면 긴장된 근육을 완화시키고 약해졌거나 이완된 근육을 강화시키는 데 유용하며, 이를 통해 변형된 근육을 교정하여 인체의 전반적인 균형을 바로잡는데 도움이 된다²⁰⁾. 이러한 키네시오 테이핑요법(Kinesiology taping therapy)에 대한 선행연구로는 관절염 환자의 다리 통증 감소와 외상에 의한 하지근육 손상환자에서 통증 척도가 감소 및 발목관절 손상 환자의 관절운동 범위 증가와 통증 감소 등 통증을 경감시키는 효과가 보고되었다²¹⁻²³⁾.

본 실험에서 수기를 통한 1단계 수준의 급성 발목뻘을 유도한 실험군의 유발 1시간 후부터 1일 1회 24시간 주기로 3일간 FWBFR의 변화값은 37~42%로 선행연구에서 Yang 등²⁴⁾은 1단계 수준의 발목뻘 특징을 유도한 이후 회복하는 과정의 FWBFR 수치는 40% 정도로 5일째에는 정상에 근접한 보행을 보인다는 보고와 유사하여 실험 모델이 1단계 수준의 급성 발목뻘의 통증 수준의 특성에 부합하였다.

테이핑요법(taping therapy)의 통증 억제 효과와 부종에 대한 연구는 1단계 수준의 급성 발목뻘 모델 유도 1시간 후 아무런 처치를 시행하지 않은 대조군은 1일차에서 통증과 부종이 증가하고 2일과 3일째에는 통증과 부종이 감소한 반면, 모델 유도 1시간 후 테이핑요법을 수행한 실험군에서는 1일째 통증과 부종이 유의하게 감소하였으며, 2일과 3일째에도 지속적인 감소 효과가 관찰되었다. 이는 Jeong HC과 Lim NY²³⁾의 테이핑요법이 발목부위 손상환자의 테이핑 처치 후 통증감소와 부종 감소효과 연구와 유사하였다.

통증 정도와 진통효과를 측정하는 방법으로 최근에 사용되는 조기발현유전자 cFos의 생산물질인 cFos 단백질을 면역조직화학적 방법으로 관찰하는 형태학적 측정방법²⁵⁾을 사용하였다. 발목뻘을 유발하지 않은 정상군의 허리뼈 척수에서는 cFos 양성 뉴런의 발현이 거의 관찰되지 않았다. 하지만 1단계 수준의 급성 발목뻘을 유도하

고 아무런 처치를 수행하지 않은 대조군과 테이핑요법을 적용한 실험군 모두의 허리뼈 척수(L3~L5)에서 신경세포의 흥분 표식자인 cFos 단백질 발현이 관찰되었지만, 대조군에 비해 실험군의 신경세포 흥분성 감소 효과를 보임으로써, 테이핑 요법이 통증억제에 효과가 있음이 관찰되었다.

발목 손상에 대한 테이핑요법의 통증효과에 대한 많은 연구가 보고되었지만, 이번 연구는 동물 모델을 이용한 실험연구로 1단계 수준의 급성 발목뻘의 손상 특성을 행동검사를 통하여 규명함으로써 손상 정도에 따른 통증억제와 부종 감소 및 신경세포의 흥분 표식자인 cFos 단백질 발현을 관찰함으로써 과학적이고 체계적인 정량화를 구현함으로써 Park 등²⁶⁾이 제안한 보완대체요법을 통한 발목뻘의 재발 방지와 의료비용을 절감하는 방안 마련과 다른 질환에 대한 테이핑요법의 통증억제의 응용기술 개발을 촉진할 수 있을 것이다. 다만 본 연구가 1단계 발목뻘에 대한 동물 실험 연구로 진통과 부종 효과에 한정되었으며 사람에서는 다소 차이를 보일 수 있어서 추후 단계별 발목뻘에 대한 연구가 필요하며, 더불어 진통기전에 대한 연구의 부족으로 추후 연구에서는 진통기전에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

흰쥐의 급성 발목뻘 유발 모델에 대해 테이핑요법을 적용하고 족부하중비율(FWBFR)과 척수 cFos 단백질의 발현을 통해 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 급성 발목뻘 유발 동물에서 테이핑요법과 아무런 처치를 하지 않은 대조군의 족부하중비율의 비교 관찰에서 테이핑요법을 수행한 실험군에서 뚜렷한 통증억제 효과를 보였다.
2. 부종에 대한 비교 관찰의 결과 또한 테이핑요법을 수행한 실험군에서 유의한 부종 감소 효과가 관찰되었으며, 특히 1일차의 부종 감소 효과가 가장 뚜렷하였다.
3. 급성 발목뻘 유발 24시간 후에 동물의 허리뼈 척수에서 cFos 양성 뉴런의 발현이 전척수층에서 관찰되었으며, 테이핑요법을 수행한 실험군의 신경세포의 흥분성이 대조군보다 감소하여 통증 억제효과를 나타내었다.

수기적 방법을 통한 1단계 수준의 급성 발목뻘에서 급성기에 테이핑요법은 통증감소 효과를 나타냈었으며, 이와 같은 테이핑요법은 발목뻘의 급성기 치료에 있어서 보전적 치료 방법으로 활용할 수 있을 것으로 추정된다.

References

- 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.
- Kim EK, Choi HK. Surveillance of Sports Injury and Illness at the Sports Medicine Clinic of Korea National Sport University during 2013. Sports Science. 2014 ; 31(2) : 77-83.
- Wolfe MW, Uhl TL, Mattacola CG, McCluskey LC. Management of ankle sprains. Am Fam Physician. 2001 ; 63(1) : 93-104.
- Hanuri Editorial Department. The Merck Manual. Hanuri publishing. 2002 : 526-27.
- Anandacoomarasamy A, Barnsley L. Long term outcomes of inversion ankle injuries. Br J Sports Med. 2005 ; 39 : 14.
- Kim H, Kang HJ. The effect of kinesio taping on proprioception at the ankle. The official journal of the korean association of certified exercise professionals. 2014 ; 16(4) : 93-9.
- Tropp H, Askling C, Guillquist J. Prevention of ankle sprains. Am. J. Sports Med. 1985 ; 13 : 259-62.
- Jang YH, Kim HD. Comparing the effects of the kinesio taping and cutaneous stimulation on the stability of Ankle joint during jumping. The Korea Contents Society. 2013 ; 2013(5) : 385-6.
- Koh DH, Park DS, Shin WS, Song CH. The Effect of a Proprioceptive Exercise and Conservative Therapy for Functional Recovery of Subacute Ankle Sprain. The Korean Journal of Sports Medicine. 2008 ; 26(2) : 167-74.
- Na YM, Moon JH, Seong YJ, Lee HJ, Lee HS, Eo ES. The Effects of Ankle Disk Training in Functional Ankle Instability. The Korean Journal of Sports Medicine. 1999 ; 17(2) : 406-12.
- Hunt SP, Pini A, Evan G: Induction of c-fos-like protein in spinal cord neurons following sensory stimulation. Nature. 1987 ; 328 : 632-4.
- Besson JM, Chaouch A: Peripheral and spinal mechanisms of nociception. Physiol Rev. 1987 ; 67 : 67-186.
- Willis WD: The origin and destination of pathways involved in pain transmission. In: Textbook of Pain. 2nd ed. Edited by Wall PD, Melzack R: New York, Churchill Livingstone. 1989 ; 112-27.
- Tavares I, Lima D, Coimbra A: Neurons in the superficial dorsal horn of the rat spinal cord projecting to the medullary ventrolateral reticular formation express c-fos after noxious stimulation of the skin. Brain Res. 1993 ; 623 : 278-86.
- Harris JA: Using c-fos as a neural marker of pain. Brain Res Bull. 1998 ; 45 : 1-8.
- Koo ST, Park YI, Lim KS, Chung K, and Chung JM. Acupuncture analgesia in a new rat model of ankle sprain pain. Pain. 2002 ; 99 : 423-31.
- 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.
- Puffer JC. The sprained ankle. Clin Cornerstone. 2001 ; 3(5) : 38-49.
- 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.
- Lee YK, Go GJ. Taping Master. Seoul : SPOL Co. 2015 ; 10-3.
- Hyun SS, Park KS. A Study on Effects of Balance Taping Therapy applied on the patients with Arthritis caused upon the Pain in Legs and Obstacle in Daily Activity. Korean Journal of Adult Nursing. 2004 ; 16(4) : 585-96.
- Park RJ, Lee MH. A Case Study of Taping Therapy Effects on Range of Motion and Pain in Delayed Onset Muscle Soreness. The journal of Korean Society of Physical Therapy. 2002 ; 14(4) : 331-41.
- Jeong HC, Lim NY. Effect of Taping Therapy on the ROM, Pain, and Discomfort of Adults with Ankle Pain. The Journal of Muscle and Joint Health. 2010 ; 17(2) : 124-31.
- 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.
- Chapman V, Honore P, Buritova J, Besson JM. The contribution of NMDA receptor activation to spinal c-fos expression in a model of inflammatory pain. Br J Pharmacol. 1995 ; 116(1) : 1628-34.
- Park KS, Ryoo EN, Moon KS. Study on the utilization of complementary-alternative therapy in elder arthritics. Journal of Rheumatology Health. 2003 ; 10(2) : 142-55.