

## 트레드밀 운동이 척수손상 백서의 운동기능 회복에 미치는 효과

천진성<sup>1</sup>, 김태열, 남기원, 김용익, 오명화, 김경윤, 김은정<sup>1</sup>, 이재춘<sup>2</sup>, 장미경<sup>3</sup>, 최현석<sup>4</sup>, 허명<sup>1</sup>, 김계엽

동신대학교 보건복지대학 물리치료학과, <sup>1</sup>동신대학교 대학원 물리치료전공 박사과정, <sup>2</sup>군장대학 물리치료과, <sup>3</sup>동강대학 다이어트 건강관리과, <sup>4</sup>성화대학 작업치료과

### The Effects of Treadmill Exercise on the Recovery of Functional Capacity in Spinal Cord Injured Rats

Jin-Sung Chun, PT, MS<sup>1</sup>; Tae-Youl Kim, PT, PhD; Ki-Won Nam, PT, PhD; Young-Eok Kim, MD; Myung-Hwa Oh, PT, PhD; Kyoung-Yoon Kim, PT, PhD; Eun-Jung Kim, PT, MS<sup>1</sup>; Jae-Choon Lee, MS<sup>2</sup>; Mee-Kyung Jang, MS<sup>3</sup>; Hyun-Seok Choi, PT, PhD<sup>4</sup>; Myung Heo, PT, MS<sup>1</sup>; Gye-yeop Kim, VM, PhD

College of Health & Welfare, Dongshin University; <sup>1</sup>A Physical Therapy Doctor, Graduate School of Dongshin University; <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Kunjang College; <sup>3</sup>Department of Diet & Health management, Dongkang College; <sup>4</sup>Department of Occupational Therapy, Sunghwa College

**Purpose:** This study was designed to investigate the effects of treadmill exercise on functional recovery after rat with experimental SCI. **Methods:** SCI was induced by the NYU-spinal cord impactor(NYU, USA) dropped a weight of 10 gm after laminectomy. Experimental groups were divided into the Group I (normal), Group II (control) and Group III(treadmill exercise). After 2 days of the operation, 24 rats(group II,III) were trained to walk on treadmill for 21 days twice/day, 15 min/session. After operation, rats were tested at modified Tarlov scale at 1, 2, 3, 4 days with divided into 2 groups, and Motor behavior test(BBB locomotor rating scale, Grid walking test, Narrow beam crossing test, Modified inclined plane test) was examined at 1, 3, 7, 14 and 21 days. Histopathological study were performed at 1, 3, 7, 14 and 21 days by H & E, Luxol Fast Blue staining were same times. **Results:** After SCI an improvement of motor behavior was shown group II, III. The motor behavior test of group III showed considerable improvement until 14 days. **Conclusion:** These results suggest that treadmill exercise treatment can play a role in facilitating recovery of locomotion following spinal cord injury. (*J Kor Soc Phys Ther* 2007;19(4):15-24)

**Key Words:** Spinal Cord Injury, Treadmill Exercise, Functional Recovery

## 1. 서론

교통사고 및 재해 사고로 인해 척수 손상을 당한 환자에서 치료 시 가장 중요한 문제는 운동기

능의 손상 정도와 회복 가능성이다(박영섭 외. 1987) 다양한 외상에 의해 발생하는 척수손상은 임상적으로 완전 손상이라 하더라도 해부학적으로 연결 조직이 남아 있어 대부분이 불완전 척수 손상이며, 이러한 불완전 손상은 손상부위에 따라 다양한 증상들이 나타난다(김종만, 2000)

Krenz와 Weaver(1998)는 뇌와 척수 같은 중추신경계는 손상 후 구조적이고 생리학적인 특수한

논문접수일 : 2007년 3월 2일  
수정접수일 : 2007년 5월 9일  
게재승인일 : 2007년 6월 15일  
교신저자 : 김계엽, kykim@dsu.ac.kr

변화들이 나타난다고 보고하였으며, 이러한 신경계에 변화를 일으키는 요인들에는 손상부위로의 혈류 감소, 지방산의 가수분해를 동반한 세포막의 손상, 부종의 형성, 흥분성 아미노산의 유리 증가, 자유유리기(free radical)의 활성화 등이 있으며(전경희, 2003), 이는 국소적인 신경영양인자의 활성화, 신경전달물질의 방출, 연접단백질 합성, 성장교세포의 변화 등을 일으켜 연접 재형성을 촉진시키고 수용기 발현과 활성을 변화시키는 것으로 생각되어지고 있다(Johansson, 2000).

이선민 등(2003)은 신경가소성은 일생을 거쳐 신경계가 가질 수 있는 특성으로 학습, 발달, 손상으로부터의 회복과 관련된 많은 기전에서 특히 강조된다고 보고하였다.

최근 여러 기초과학적 연구들을 토대로 척수손상 환자들에게 제공하고 있는 치료적인 요법, 특히 운동과제들이 손상된 척수에 학습될 수 있다는 개념들이 보고되어지고 있으며(Edgerton 등, 1997), 이러한 운동과제를 통한 학습은 척수신경의 가소성에 영향을 미치게 되는데, 학습을 실시하는 과정 동안 지속적으로 제공되는 자극은 감각신경원 자체에 구조적인 변화를 유발하고, 이는 감각 신경원과 개재신경원 및 운동신경원간의 시냅스에 영향을 미치게 되어 최종적으로 기능을 회복하게 한다는 보고가 있었다(Shumway와 Woollacott, 2001). 그리고 이에 관한 세부적 연구가 더욱 필요한 실정이다.

의상성 척수손상을 입은 대부분의 환자들은 통증회복 및 기능회복을 위해서 많은 치료방법을 이용해 치료하고 있으나, 이러한 치료들이 손상 후 환자들의 회복에 어떠한 영향을 주는지 등의 연구는 대상이 사람이라는 한계로 실제 척수 신경의 회복에 미치는 영향을 비교, 분석하기가 매우 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실험용 백서를 대상으로 척수손상을 유발하여 트레드밀 운동을 실시한 후 손상된 척수 신경의 기능회복에 미치는 영향을 신경학적 운동행동검사, 조직학적 변화를 통해 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 실험동물

본 연구에서 사용된 실험동물은 체중 약  $250 \pm 50$  g의 Sprague-Dawley계 백서(8주령, 웅성, 대한실험동물) 36마리를 각 군당 12마리씩 할당하여 사용하였다. 사육실의 온도는  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 습도  $55 \pm 10\%$ 를 유지 하였으며, 명암은 12시간 주기로 하였다. 고형사료와 물은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였다.

실험동물의 분류는 Table 1에서 보는 바와 같으며, 척수손상 유발 후 Tarlov 검사를 통해 초기 신경학적 운동행동 점수가 0~3점 범위의 개체만을 가지고 실험을 실시하였다(Table 1).

**Table 1.** Classification of experimental groups

군	치료 적용
I (n=12)	정상군
II (n=12)	척수손상 유발
III (n=12)	척수손상 유발 + 트레드밀 운동

### 2. 척수손상 백서모델 제작

전신마취제를 근육주사( $1.2 \text{ ml/kg}$ )하여 전신마취 실시한 실험동물의 척추를 따라 제모한 후 수술대 위에 놓고 흉추 11번의 위치를 찾아 피부와 근막을 절개하여 11번 흉추의 극돌기를 확인하였다. 흉추 제 11번의 위와 아래 근육을 절개한 후, 노출된 극돌기 주위 극간인대와 각 척추를 연결하는 인대들을 절개한 후, 수술용 가위와 집게 및 Bone cutter를 이용하여 추궁을 분리해 내었다. 추궁절제 후 5 mm 정도의 척수가 노출되도록 한 후 실험동물을 spinal cord impactor(NYU, U.S.A)에 올려놓고 고정장치를 이용하여 제 11번 흉추를 고정한 뒤 impactor 막대를 천천히 내려 막대가 척수의 표면에 닿은 지점(0점)을 확인하였다. 척수로부터 상위 25 mm 지점에서 무게 10 g인 막

대를 위치시킨 뒤 1회 떨어뜨려 척수에 좌상을 입힌 후, 척추를 덮고 있는 근육, 근막, 피부 순으로 봉합하였으며(Basso 등, 1996), 손상부위를 포비돈 요오드액을 이용하여 소독하였다. 수술 후 감염을 방지하기 위하여 생리식염수에 희석한 겐타마이신(황산겐타마이신, Korea)을 우측 대퇴부위에 주사하였다.

**3. 트레드밀운동**

척수손상 유발 후 무작위 추출한 실험동물에게 경사가 5도로 고정된 트레드밀의 적용을 위해 초기 3일간은 3 m/min의 속력으로 1일 1회 10분간 예비운동을 시켰다. 척수 손상 후 4일부터 7일까지는 5 m/min의 속력으로 1일 1회 10~15분간, 8일부터 21일까지는 7~10 m/min의 속력으로 10~15분간 1일 2회 총 3주에 걸쳐 운동을 실시하였다(Fouad 등, 2000).

**4. 신경학적 운동행동 검사**

**1) 수정된 Tarlov 검사(Modified Tarlov Test; MTT)**

척수손상 쥐의 손상정도를 통증자극에 반응하는 정도와 운동의 정도를 세분화하여 초기 운동행동을 측정하였다. 각 점수를 0~10점까지 분류하여 자발적인 움직임, 체중지지, 평편한 바닥에서 보행기능, 좁은 막대에서 걷기 등을 실시하여 신경학적 운동행동의 정도를 점수로 표시하였다. 초기 신경학적 운동행동 검사 점수에서 0~3점 범위의 실험동물을 대상으로 실험에 사용하였으며, 척수 손상 후 1~4일에 걸쳐 실시하였다(전경희, 2003). 초기 신경학적 검사와 신경학적 운동행동 검사를 병행하여 실시하였다.

**2) BBB 척도(Basso, Beattie, Bresnahan locomotor rating scale)**

BBB 척도는 척수 손상 쥐의 후지 기능을 정확하게 평가하기 위해 열린 평면의 공간 위를 보행하게 한 후 백서의 후지의 운동행동을 관찰하는 것이 목적이다. 이 척도는 후지의 움직임과 발가

락의 움직임 및 꼬리의 조절정도를 움직임의 범위와 체중지지의 여부 등을 중심으로 세분화하여 점수화하였다(Basso 등, 1996). 본 연구에서는 이 BBB 척도를 사용하여 척수손상 쥐의 후지와 꼬리의 조절정도를 측정하여 점수화하였다. 척수손상 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 총 5차례 BBB 척도를 이용하여 운동행동학적 운동능력을 평가하였으며, 척도의 측정은 실험의 내용을 알지 못하는 관찰자 2명의 의견이 일치했을 때 점수화 하였다.

**3) 막대 걷기 검사(Narrow beam test)**

막대걷기 검사는 서로 다른 긴 막대에서 척수손상 후 흰쥐의 균형능력을 알아보기 위하여 실시하였다. 실험에 쓰이는 막대로 길이는 1 m의 두개의 직사각형 막대(2×2 cm, 1.2×1.2 cm)와 한 개의 원형 막대(지름 2.5 cm)를 사용하여 검사하였으며, 검사는 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하여 측정하였다(Fouad 등, 2000).

**4) 격자 걷기 검사(Grid walk test)**

격자 걷기 검사는 후지의 운동조절 능력을 알아보기 위하여 실시하였다. 1 m 길이의 격자막대(Grid bar)를 지면보다 약간 높게 설치하여 검사하였으며, 격자에서 10걸음을 보고 그중 실수하는 횟수를 측정하여 평균값을 산출하여 표시하였으며, 검사는 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하였다(Fouad 등, 2000).

**5) 수정된 경사판 검사(Modified inclined plane test)**

경사판 검사는 척수손상 후 흰쥐가 경사판 위에서 신체의 위치를 유지하는 능력을 측정하는 것으로 1 cm의 간격, 3 mm의 깊이로 홈이 파인 딱딱한 재질의 경사판을 이용하였다. 40도에서 시작하여 5도 간격으로 3회에 걸쳐 측정하였으며, 머리를 위로하는 위치와 미끄러지지 않고 5초를 유지할 수 있는 최대 각을 측정하여 평균값을 산출하여 표시하였다. 검사는 수술 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하여 측정하였다(전경희, 2003).

**5. 병리조직학적 관찰**

**1) Hematoxylin & Eosin 염색**

척수의 형태적 변화를 관찰하기 위하여 육안적으로 보이는 조직 표면의 손상 및 크기의 변화 등을 관찰한 다음 포르말린 용액에 고정한 후 미세절편을 취하였으며, 자일렌으로 5분씩 3회에 걸쳐 탈파라핀 과정을 진행하였고, 고농도에서 저농도로 알코올에 함수한 후 흐르는 물에 수세하였다. 헤마톡실린용액(Hematoxylin solution)에 핵염색 후 다시 수세하여 에오진용액(Eosin solution)으로 3분간 세포질 염색 후 수세하였다. 저농도에서 고농도로 3단계 탈수과정을 진행하였으며, 자일렌 용액에 3단계 함수하여 조직을 투명하게 한 후 봉입하였다. 척수의 형태학적 관찰은 광학현미경(Olympus Bx 50, Japan)을 이용하여 현미경에 장착된 CCD 카메라(Toshiba, Japan)로 촬영한 후 척수조직의 변성정도, 손상부위의 면적 및 척수세포들의 구조적인 변화를 관찰하였다.

**2) Luxol Fast Blue 염색**

신경원의 변화를 보기 위하여 Luxol fast blue Kit(Diagnostic Biosystems KT 022, USA)를 사용하여 특수 염색을 실시하였다. 실험 종료 후 얻어진 척수조직을 자일렌 용액으로 탈파라핀 시킨 후, Luxol fast blue 용액에 24 시간 처리한 후 0.05% lithium carbonate에 20 초간 반응시킨다. 척수의 회색질과 백색질이 구분되도록 70% reagent alcohol에 반응시키고, 증류수로 수세하였다. Cresyl echt violet으로 대조 염색하여 흐르는 물에 수세하고, 100% 에탄올에 탈수시킨 후, 자일렌에

청명과정을 거친 후 봉입하였다(Kluver와 Barrera, 1953).

**6. 통계방법**

본 연구의 통계학적 분석은 윈도우용 SPSS 12.0 version을 사용하여 분석하였으며, 실험결과는 실험군별로 평균치와 표준편차를 구하였다. 실험군별 측정기간 동안의 변화 차이를 비교하기 위해 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였고, 사후검정은 Tukey방법으로 하였다. 실험군간 변화 차이는 Independent t-test를 이용하여 분석하였다. 분석 시 통계학적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하여 검정하였다.

**III. 결 과**

**1. 신경학적 운동행동 검사**

**1) 수정된 Tarlov 검사**

수술 후 실험동물의 실험 적합성 여부를 평가하기 위하여 수술 후 1~4일에 각각 수정된 Tarlov 검사를 이용하여 각 군간의 점수의 유의성을 살펴보았다. 실험군 II에서는 수술 후 1~4일에 점수의 증가를 보이지 않았으나, 실험군 III에서는 시간이 지날수록 점수의 증가를 보였다. 그러나 시간이나 각 군간의 유의한 차이는 나타나지 않았으므로( $p>0.05$ ), 각 군간 실험동물의 배치에 문제가 없는 것으로 판단되었으며, 실험군 I의 점수는 변화가 없었다(Table 2).

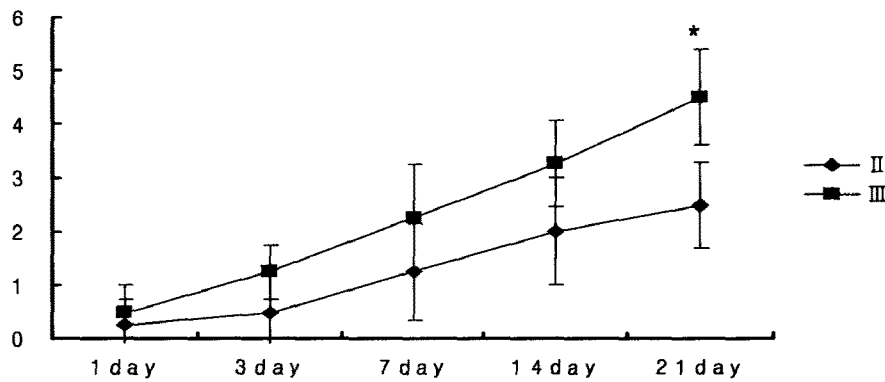
**Table 2.** Change of modified Tarlov test in each group

군	수술 후 1일	수술 후 2일	수술 후 3일	수술 후 4일
II (n2=12)	1.50±1.00	1.50±1.00	1.50±1.00	1.50±1.00
III (n3=12)	1.67±0.82	1.67±0.82	1.50±0.55	1.67±0.82

2) BBB 척도

열린 지면(open field) 내에서 BBB 척도에 의한 검사를 수술 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시한 결과 실험 군별 측정기간 동안의 변화를 살펴보면, 실험군 II는 14일  $2.00 \pm 0.00$ 과 21일  $2.50 \pm 0.58$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ), 실험

군 III은 7일에  $2.25 \pm 1.26$ , 14일에  $3.25 \pm 0.96$ , 21일에  $4.50 \pm 1.29$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 각 실험 군간의 비교에서는 실험군 II에 비해 실험군 III의 21일에서 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Figure 1).

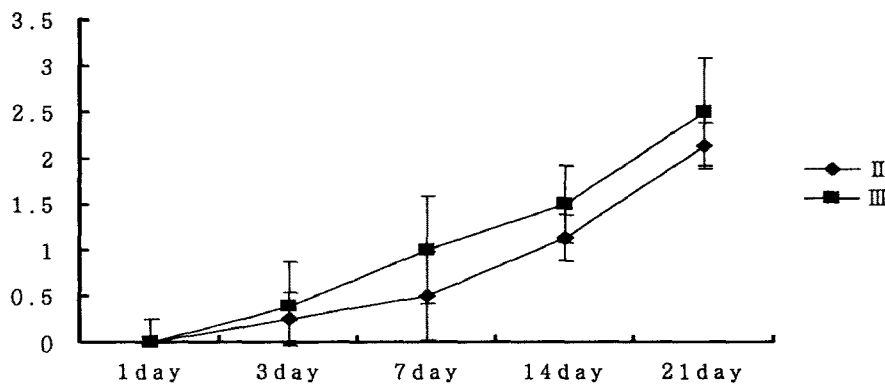


**Figure 1.** Change of BBB locomotor rating scale in each group. Values are showed Mean±SD. Value with different superscripts in the same column are significant( $p < 0.05$ ) by Tukey's multiple range test.

3) 막대 걷기 검사

막대 걷기 검사는 수술 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하였다. 실험 군별 측정기간 동안의 변화를 살펴보면 실험군 II는 14일에

$1.13 \pm 0.25$ , 21일에  $2.13 \pm 0.25$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ), 실험군 III은 7일에  $1.00 \pm 0.58$ , 14일에  $1.50 \pm 0.41$ , 21일에  $2.50 \pm 0.58$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Figure 2).

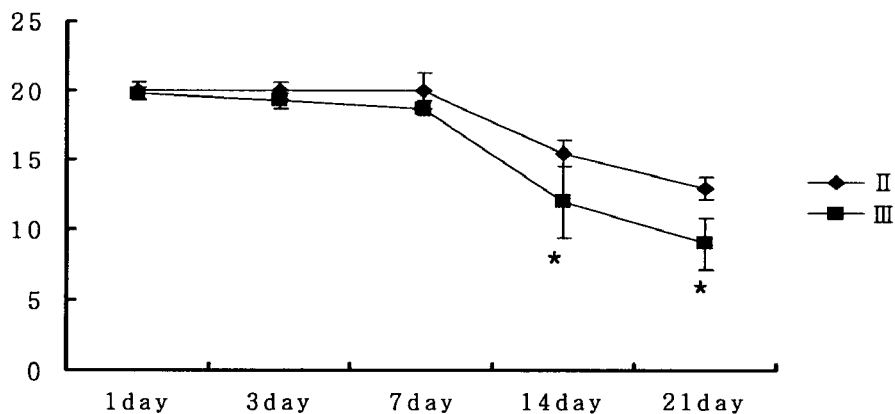


**Figure 2.** Change of narrow beam test in each group. Values are showed Mean±SD. Value with different superscripts in the same column are significant( $p < 0.05$ ) by Tukey's multiple range test.

**4) 격자 걷기 검사**

격자 걷기 검사는 수술 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하였다. 실험 군별 측정기간 동안의 변화를 살펴보면, 실험군 II는 14일에  $15.5 \pm 0.58$ , 21일에  $13.00 \pm 0.82$ 로 유의한 차이를

보였고( $p < 0.05$ ), 실험군 III은 14일에  $12.00 \pm 2.58$ , 21일에  $9.00 \pm 1.83$ 로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 실험군 II에 대해 실험군 III의 14일, 21일에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ )(Figure 3).

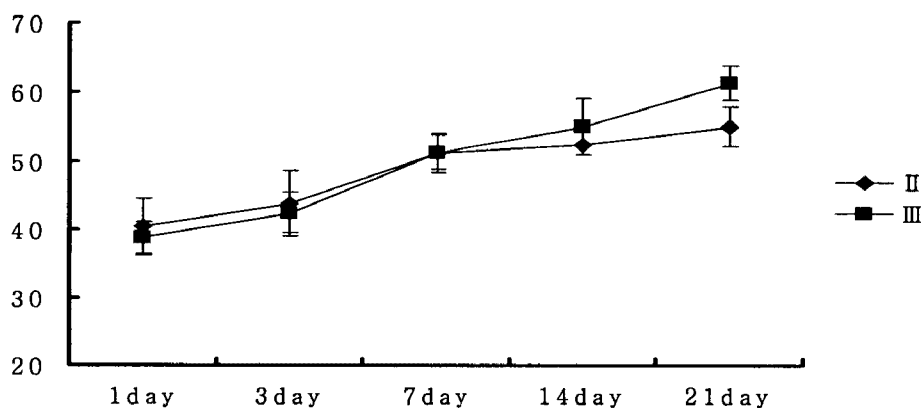


**Figure 3.** Change of grid walk test in each group. Values are showed Mean±SD. Value with different superscripts in the same column are significant( $p < 0.05$ ) by Tukey's multiple range test.

**5) 수정된 경사판 검사**

경사판 검사는 수술 후 1일, 3일, 7일, 14일 그리고 21일에 실시하였다. 실험 군별 측정기간 동안의 변화를 살펴보면, 실험군 I은 7일에  $51.25 \pm 2.50$ ,

14일에  $52.50 \pm 2.89$ , 21일에  $55.00 \pm 4.08$ 로 유의한 차이를 보였고( $p < 0.05$ ), 실험군 III은 7일에  $51.25 \pm 2.50$ , 14일에  $55.00 \pm 4.08$ , 21일에  $61.25 \pm 2.50$ 으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).



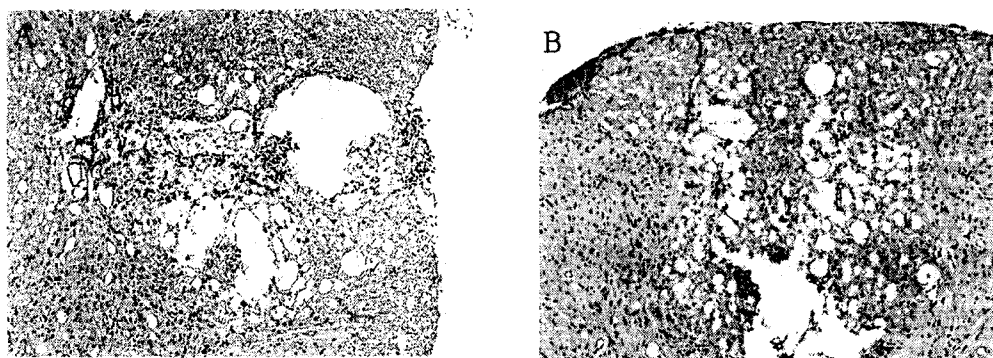
**Figure 4.** Change of modified inclined plane test in each group. Values are showed Mean±SD. Value with different superscripts in the same column are significant( $p < 0.05$ ) by Tukey's multiple range test.

## 2. 병리조직학적 관찰

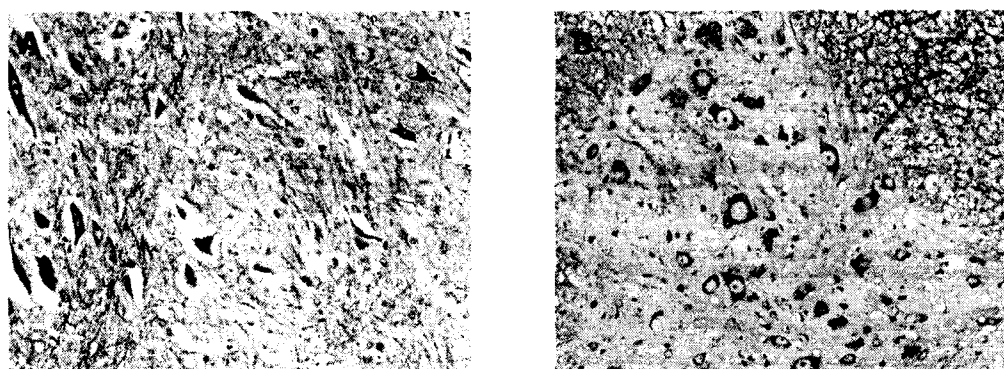
### 1) 척수 조직의 병리학적 변화

병리학적 검사를 하기 전 적출된 척수조직을 육안으로 관찰시 척수 조직에서 손상을 가한 부분의 척수 부위가 위축된 것을 볼 수 있었다. 육안으로 관찰한 다음 척수를 조직 고정한 후 일련의 과정을 거쳐 H & E 염색과 Luxol fast blue 염색을 실시하였다. H & E 염색 결과 척수손상 부위의 함몰을 볼 수 있었으며, 백질에 점상 출혈이 동반된 조직손상을 관찰할 수 있었다. 이러한

출혈성 좌상의 범위는 실험군 III에서보다 실험군 II에서 넓게 관찰되었다. 조직손상부위의 조직피사가 공동 혹은 조직결손의 소견을 보여주었으며, 실험군 II에서는 염증세포와 파괴된 조직들이 잔존해 있는 소견을 보였다. Luxol fast blue 염색을 통하여 수초와 신경원을 관찰하여 본 결과 실험군 II, III에서 신경원의 소실이 확인되었다. 조직 결손부 주변으로 실험군 II가 실험군 III에 비해 손상된 주변부에 공포화(vacuolization)와 축삭부종(axon swelling)이 많았다.



**Figure 5.** Histological changes of spinal cord in group II, III(H & E stain, × 200)(A;group II, B; group III, 21 days).



**Figure 6.** Histological changes of spinal cord in group II, III(Luxol Fast Blue stain, × 200)(A;group II, B; group III, 21 days).

#### IV. 고 찰

급성 외상성 척수손상의 일차적 손상은 물리적, 기계적 손상으로 사람의 경우 척추 골절이나 전위가 발생하여 척수내로 뼈나 추간판이 밀고 들어오면서 척수의 압박손상이나 열상 등이 유발되는 것이며(Taoka와 Okajima, 1998), 대부분의 척수 손상환자는 외상에 의해 척추가 탈구나 아탈구 또는 골절로 인해 뼈가 전이되면서 나타나는 척수의 압박상이라는 점을 볼 때, 임상에서 볼 수 있는 척수 손상환자와 유사한 손상을 유발하는 방법은 척수의 압박손상에 의한 척수 손상이라고 할 수 있다(Taoka 와 Okajima, 1998).

동물모델의 경우는 물리적인 요인에 의한 일차적 손상이 있고, 일차적인 손상 후 손상된 혈관에서 혈액응고와 내피세포의 변화, 손상부위의 점진적인 조직변화로 손상된 척수의 허혈, 탈수초화, 세포사 등의 급격한 변화가 진행되면서 내부 생리적 균형이 깨지고 결과적으로 운동기능 부전 등의 이차적인 후유증들이 발생한다고 알려져 왔다(Rivlin과 Tator, 1977). 이차적인 신경조직 손상에 대한 여러 가지 다양한 연구가 시도되고 있지만, 명확한 기전은 아직 밝혀지지 않았으며, 이를 완화하기 위한 여러 가지 실험적 연구들이 진행되고 있으며(전상룡 등, 2004),

척수손상 후의 기능 회복에 대한 연구를 위해 여러 가지 다양한 종류의 척수손상 모델이 개발되어 이용되어 왔는데, 실험적인 척수손상 모델은 손상의 유형, 속도, 지속기간, 손상을 주는 부위 등의 다양한 변수가 많았으며(이구영, 2002) 그 외에 척수손상 실험모델의 다양한 변수에 의한 실험간 오차를 줄이기 위하여 본 실험에서는 NYU-spinal cord impactor(NYU-weight drop device, NY, USA)를 사용하여 척수손상 모델을 만들었으며, 척수 압박척도를 확인후 높이, 속도, 압축율이 모두 동일한 범위에 해당하는 동물을 선택하여 유발 모델간의 오차를 줄이도록 하였다(van de Meent 등, 1996).

본 실험에서는 척수손상 후 백서가 트레드밀에 적응할 수 있도록 유발 후 2일째부터 7일까지 경

사도 5도로 고정된 트레드밀에서 3 m/min 속력으로 1회/일로 10분간 예비운동을 시행하였고, 8일부터 21일까지는 7~10 m/min의 속력으로 10~15분간 2회/1일 총 3주에 걸쳐 운동을 실시하였다. 이 운동 강도는 예비실험에서 백서가 멈추지 않고 지속적으로 운동을 수행하는 강도로 운동의 효과가 나타나는 운동부하량이었다. 이구영(2002)의 연구에서 트레드밀 운동의 운동부하에서 운동기능 회복에 방해가 되지 않았다는 보고가 있었으나, 추후 운동기능 회복의 방해가 되지 않을 운동 부하량의 임계점을 찾는 연구가 필요할 것으로 생각되어진다.

척수손상 후 손상정도를 파악하기 위한 검사 방법으로 수정된 Tarlov test를 사용하였으며, 군간 통계적으로 유의하지는 않았으므로 척수손상 유발 모델이 오차 범위가 매우 적음을 나타내었다. 이후 운동기능의 회복 정도를 검사하기 위해 신경학적 운동행동 검사를 사용하였는데, BBB locomotor rating scales(Basso 등, 1996), 경사판 검사(전경희, 2003), 격자걸기 검사(Fouad 등, 2000), 막대걸기 검사(Fouad 등, 2000)를 사용하였으며, 이를 통해 손상정도와 기능회복을 알 수 있었다. 손상 후 1일 제와 비교하여 실험군 모두에서 운동 행동학적 변화가 유의하게 증가하였으며( $p<0.05$ ), 격자걸기 검사항목만 유의하게 감소함을 보였다( $p<0.05$ ). 트레드밀 운동을 적용한 실험군에서는 척수손상 14일과 21일에 실험군간 유의한 차이를 나타내었다( $p<0.05$ ).

이러한 실험결과를 바탕으로 각 군에 적용한 치료 인자의 효과를 살펴보면, 모든 치료에서 시간에 따른 기능의 변화에 영향을 미친다는 것을 확인 할 수 있었다. 시간에 따라 신경학적 운동행동검사의 값이 유의하게 상승하였다는 것은 척수내의 운동시스템이 원활한 작용을 하였다는 것을 의미하며, 척수손상으로 상부입력이 줄어들었던 척수 내에서 다양한 자극들이 회복에 있어서 긍정적인 자극이 되어 신경의 가소성에 변화를 일으킨다는 선행 논문(전경희, 2003)과 일치하는 것으로 생각되어진다.

본 연구에서는 실험적으로 척수손상을 유발하



여 척수손상 모델 백서를 대상으로 트레드밀 운동을 실시하여 운동기능에 미치는 영향을 분석, 관찰하여 척수손상 환자의 치료의 다양한 접근을 위한 자료로 제공하고자 하였다. 그러나 본 연구에서 이용된 운동행동 평가 척도를 측정하는 사람의 주관적인 부분과 일정 수준 이상의 기능을 분별하는 데는 한계가 있었다. 더욱 다양한 평가 척도를 활용하여 운동기능 회복에 대한 추가적 연구가 필요할 것으로 생각된다. 하지만 척수 조직의 병리학적 관찰과 및 신경학적 운동행동검사에서 트레드밀 운동 적용이 척수손상에 영향을 미치는 것으로 생각되어지며, 이와 같은 연구 결과들을 바탕으로 다음의 연구에서는 척수손상 환자들에게 적합한 치료 방법들에 대한 종합적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 척수에 Spinal cord impactor를 사용하여 유발한 척수손상 백서를 대상으로 21일간 트레드밀 운동을 실시한 후 운동기능의 향상 정도와 척수조직의 변화를 알아보기 위해 신경학적 운동행도 검사, 척수의 조직학적 변화를 관찰, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

척수 손상 유발 후 각 실험군의 신경학적 운동행도 검사에서 유발 후 시간이 지날수록 운동기능회복을 볼 수 있었다. 특히 척수손상 유발 후 실험군 III에서 다른 실험군에 비해 전반적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 척수 조직의 병리학적 관찰 결과 척수손상 유발 후 신경세포의 파괴와 감소, 변형 등의 소견이 관찰되었다. 실험군 II의 척수 조직에서 가장 강하게 나타났으며, 실험군 III에서는 다른 실험군에 비해 많이 호전됨을 관찰할 수 있었다.

이상의 결과를 통하여 spinal cord impactor를 통해 유발된 척수 손상 유발 백서에서 21일간의 트레드밀 운동을 실시하였을 때 척수조직의 파괴와 변성의 억제 근위축의 개선 및 신경성장인자의 발현으로 척수손상과 함께 수반되는 증상들의 호

전 즉, 척수조직과 신경 그리고 운동기능의 회복에 영향을 미침을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- 김종만. 신경해부생리학. 정담. 2000;89-122
- 박영섭, 이재수, 하영수 등. 흰쥐의 척수 손상후 운동 유발 전위 검사와 운동기능 회복. 대한신경외과학회지. 1987;16(4):1145-55.
- 이구영. 흰쥐의 척수손상 모델에서 트레드밀 운동이 운동기능 회복에 미치는 영향. 충남대학교 의과대학원 석사학위논문. 2002.
- 이선민, 구현모, 김진상. 신생흰쥐의 알콜성 뇌손상 후 환경강화가 BDNF 발현 및 운동수행력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2003;15(3):547-58.
- 전경희. 척수 압좌 손상 흰쥐에서 운동과 전기자극이 운동행동과 신경성장인자 발현에 미치는 영향. 대구대학교 대학원 박사논문. 2003.
- 전상룡, 권순찬, 노성우 등. 백서의 척수손상에서 저체온법의 신경보호 효과. 대한신경외과학회. 2004;1:33-42.
- Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. Graded Histological and Locomotor Outcomes after Spinal Cord Contusion Using the NYU Weight-Drop Device versus Transection. Exp Neuro. 1996;139(2):244-56.
- Fouad K, Metz GA, Merkler D et al. Treadmill training in incomplete spinal cord injured rats. 2000;115(1):107-13.
- Johansson BB. Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis lecture. Stroke. 2000;31(1):223-30.
- Kluver H & Barrera E. A Method for the combined staining of cells and fibers in the nervous system; J Neuropathol Exp Neurol. 1953;12(4):400-3.
- Krenz NR & Weaver LC. Sprouting of primary afferent fibers after spinal cord transection in the rat. Neuroscience. 1998;85(2):443-58.
- Rivlin AS & Tator CH. Objective clinical assessment of motor function after experimental spinal

- cord injury in the rat. J Neurosurg. 1977; 47(4):577-81.
- Shumway CA & Woollacott MH. Motor control. America: Lippincott Williams& Wikins. 2001.
- Taoka Y & Okajima K. Spinal cord injury in the rat. Prog Neurobiol. 1998;56(3):341-58.
- van de Meent H, Hamers FP, Lankhorst AJ et al. New assessment techniques for evaluation of posttraumatic spinal cord function in the rat. J Neurotrauma. 1996;13(12):741-54.
- Yuji Taoka, Kenji Okajima. spinal cord injury in the rats. progress in Neurobiology. 1998;56:341-58.