

전침자극이 중추신경계 손상 흰쥐에서 CK, ALP, IgG 효소활성도에 미치는 영향



- 하미숙, 박래준¹
- 마산대학 물리치료과, ¹대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

The Effect of Electroacupuncture on Concentration and Activity of CK, ALP, and IgG in Serum and Central Nervous System of Rats

Mi-Sook Ha, PT, PhD; Rae-Joon Park, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, College of Masan; ¹Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Purpose: This study investigated the effect of electroacupuncture stimulation on changes in blood biochemistry in spinal cord injury (SCI) rats whose cords were damaged by 6-hydroxydopamine (6-OHDA).

Methods: Twenty-one Sprague-Dawley adult male rats were assigned to one of three groups: normal (n=7), control (n=7) and experimental group (n=7). The experimental group received electroacupuncture (Es-160, ITO, Japan) for 15 minutes in the form of low frequency (2 Hz) stimulation to the zusanli point. After treatment, we observed motor behavior recovery using the inclined plane test. We also measured serum and CNS concentrations and activities of enzymes including creatine kinase (CK), alkaline phosphatase (ALP), and Immunoglobulin G (IgG). Statistical analysis was done using one-way analysis of variance (ANOVA).

Results: Concentrations of CK, ALP and IgG were lower in the experimental group than in the control group. Functional recovery was evaluated by the maximal angle of the inclined board on which rats could maintain their initial position. This allowed us to monitor progressive locomotor recovery. The maximal angles of the inclined plane test were higher in the experimental group than in the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: The results of this study showed that electroacupuncture to the zusanli point has a therapeutic effect on functional recovery after SCI.

Keywords: Electroacupuncture, Enzyme, Inclined plane test, Spinal cord injury

논문접수일: 2010년 1월 21일

수정접수일: 2010년 3월 14일

게재승인일: 2010년 3월 29일

교신저자: 하미숙, harpt@hanmail.net

1. 서론

뇌와 척수에 외상성 손상을 받게 되면 뇌에서는 세포체와 신경원들의 축삭이 절단되고 척수에서는 신경간 전도가 차단되기 때문에 마비가 오게 되고, 근육의 약화와 통증, 강직, 자율신경계 장애가 나타난다.^{1,2} 뇌와 달리 척수는 백질(white matter)이 바깥쪽에 위치해 있고, 회백질(gray matter)은 안쪽에 위치해 있으며 척수의 회백질은 말초로 나가는 정보를 담당하는데 손

상을 받으면 손상된 수준 이하의 모든 수준에서 기능장애가 발생하게 되는 것이다.³

최근 몇 년 전부터 척수손상의 회복에 있어서 그 중요성이 부각되기 시작하였고, 손상 후 회복이 매우 낙관적으로 받아들여지고 있다.⁴ 척수손상 후 치료방법들로는 염증반응을 억제하고, 신경세포의 허혈을 방지하기 위하여 혈액량을 증가시키거나, 대식세포의 분비작용을 억제시키고, 신경재생을 촉진시킬 수 있는 약물 투여 및 운동치료법, 전기자극 치료법 등이 이용

되고 있다.⁵

여러 치료 방법 중 중추신경계 손상 후 운동기능을 회복할 목적으로 전기치료를 임상적으로 많이 이용하는데 이러한 전기 자극은 통증과 관절부종 감소, 손상된 조직의 치유, 근재교육 등 다양한 효과를 가지고 있다.⁶

특히 전침자극은 현재 각종 다양한 질환 치료에 응용되고 있을 뿐만 아니라 마취 분야까지 도입 발전하게 되었다.⁷ 전침은 통증 질환, 소화기 질환, 마비 질환 등 일반적인 자극요법의 적응증에 모두 적용되며 일부 신경통이나 마비 질환 등 기계적 질환과 기능적 질환에 효과가 있는 치료법으로 자극하는 경혈이나, 파형, 통전시간 등에 따라 다른 치료 효과를 보이는 것으로 알려져 있다.⁸ 경혈자극은 해당 경락 및 장부에 직접 반응하여 침요법의 효과를 발휘하는 것으로 인식되어왔으나,⁹ 서양의 학에서 많은 질환이 뇌에 의해 통제를 받는다고 알려져 있고, 양전자단층영상촬영(positron emission tomography, PET)이나 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, fMRI) 등의 영상기법을 이용하여 전침자극 후 중추신경계에서 나타나는 대사활성 변화를 관찰한 연구가 보고되는 것으로 보아 침요법의 작용기전에 중추신경계가 관여한다고 볼 수 있다.¹⁰ 경혈 중 족삼리(ST36, zusanli)는 가장 효과적인 신경계통 질환의 침 자극점으로 진통효과와 경련을 감소시키는 효과를 가지는데, 족삼리 자극은 중추신경계의 신경전달물질인 NOS (nitric oxide synthase)의 상승으로 신경계 활성화에 영향을 미친다고 한다.¹¹

척수손상과 같은 중추신경계 질환이나 손상에 의해 전혀 활동을 하지 못하거나 활동이 제한된 경우 모든 기관계통에서 불균형을 초래하여 산소와 포도당의 공급이 떨어지면 일련의 생화학적 반응들이 일어나 세포손상으로 이어지는데 신경세포의 손상과정에서도 과도한 칼슘이온의 세포내 유입에 의한 세포막의 기능이 파괴된다.¹² 혈청효소의 활성치의 변화는 조직의 손상과 세포막 투과성의 항진 등을 일으키고 세포 내에 존재하고 있던 효소가 혈액내로 일탈하기 때문이며, 대표적인 효소로서 크레아틴 키나아제(creatine kinase, CK), 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase, LDH), 알칼리포스파타제(alkaline phosphatase, ALP) 등이 있다.¹³

또한 척수손상에서는 감염에 대한 내성이 감소되어 합병증이 유발되는데 이는 면역기능의 저하가 중요한 요인 중의 하나로 작용하게 된다.¹⁴ 면역글로불린(immunoglobulin: Ig)은 항체의 기능을 가지고 있는 혈청단백으로 병원체가 인체 내부로 유입되는 것을 막거나 항원-항체 복합체를 형성하여 독소 중화작용과 세균 비가동화 등의 작용을 하는 것으로 알려져 있는데, 특히 IgG는 항원에 노출된 직후에 생성되며 혈장에서 가장 풍부한 항체로서 감염증에 대한 저항력 강화와 관련있고, 식세포

와 결합하여 미생물을 탐식하거나 파괴하며 보체를 활성화시킨다.¹⁵

이러한 효소는 화학반응을 촉진시켜주는 촉매의 역할을 수행하는 단백질의 일종으로 혈청효소 활성치는 병적 상태에 상승된다.¹⁶ 척수손상과 같은 중추신경계 손상도 대부분 말초 근육의 비정상적인 변화를 가지게 되는데 혈청효소는 근세포에서 일어나는 대사작용을 간접적으로 알 수 있는 지표로서 전침에 의해 활성이 증가함으로써 신경 및 근육세포의 손상정도를 나타내게 된다고 하였다.¹⁷

한편 척수손상 후 운동기능의 회복정도를 정량적으로 평가하기 위해 여러 가지 접근이 시도되었는데 대표적으로 inclined plane test, BBB 척도 등이 적합한 검사방법이다.¹⁸ 그 중 Inclined plane test는 척추 손상 후 어느 정도의 경사도에서 자기의 앞발과 뒷발의 힘으로 자기의 몸을 유지할 수 있는지를 보는 것으로 손상 이하 부위의 잔여운동기능을 등급화할 수 있는 평가방법이다.¹⁹

따라서 본 연구는 임상에서 전침치료가 빈번하게 적용이 되고 있으나 그 치료방법에 따른 효과에 대한 이론적 근거를 밝혀줄 연구는 미약한 실정이다. 그러므로 수산화도파민으로 척수손상을 유발한 흰쥐에게 족삼리 전침치료를 시행한 후, 중추신경 손상 시 치유과정을 촉진시키는 효과를 알아보기 위해 혈청에서 CK, ALP, IgG 효소의 농도를 측정하여 활성도의 변화와 행동학적 변화를 알아보고자 하는데, 이러한 결과는 중추신경계의 재생과 관련된 생화학적 기초자료를 얻는 데 유용할 것으로 생각된다.

II. 연구방법

1. 실험동물

실험동물은 평균 체중이 200±10 g되는 Sprague-Dawley계 수컷 쥐로 7마리씩 3군으로 체중이 비슷한 것끼리 배정하였다. 실험동물의 사육은 온도 22±2℃, 습도 50~60%를 항상 유지시켰으며, 명암은 12시간/12시간으로 조절하고, 식이와 물은 자유롭게 급식하도록 하였다. 실험동물은 정상군, 대조군, 전침군으로 분류하였다.

2. 실험방법

1) 척수 손상(spinal cord injury, SCI) 동물 모델

척수손상은 실험동물을 Ketamine 본제 50 mg/kg의 용량을 복강 내 주입하여 마취를 시행하여 등쪽의 털을 제거하고, 열셋째 가슴척추는 갈비뼈가 부착되어 있는 마지막 척추에 해당된다는 점을 기준으로 정확한 허리척추 L1-L2 부위를 찾았다.

그리고 L1-L2 부위의 가시돌기(spinous process)를 중심으로 외측으로 0.8 mm되는 곳에서 1 cm 깊이로 드릴로 천공하여 6-OHDA (6-hydroxydopamine)를 100 µl 주입하여 척수앞뿔에 손상을 주었다. 척수앞뿔손상 후 스스로 소변을 볼 수 없는 신경인성 방광이 발생하여 소변을 조절하지 못하는 경우는 인위적으로 복강을 눌러 규칙적으로 소변을 보게 하였고 매일 소독해 주었다. 척수 손상 후 1일, 2일, 3일에 손상의 정도를 평가하기 위하여 Tarlov와 Klinger 척도를 수정한 Tarlov Test를 사용하여 통증자극 반응과 운동반응의 정도를 세분화하여 운동행동을 평가하여 초기에 점수가 0~3점에 해당하는 흰쥐만을 분류하여 실험에 사용하였다.²⁰

2) 전침치료

전침군은 손상 후 3일째부터 전침 치료기구(Es-160, ITO, 일본)를 이용하여 흰쥐의 눈을 가리고 양쪽 다리를 잡아 움직이지 않도록 고정한 후 동일한 실험자가 자침하고 전기자극을 하면서 움직임을 계속 관찰하여 쥐의 위치변화가 나타나지 않도록 하였다. 자극부위는 뒷다리 정강뼈 거친면(tibia anterior tubercle)의 외측 5 mm 및 정강뼈(tibia)와 종아리뼈(fibula)의 사이에 위치한 양측 족삼리(zusanli) 부위의 털을 제거한 후 소독하고 1회용 침(동방침구제작소, 0.25×40 mm)을 자침하여 1.5 V, 2 Hz, 0.1 ms로 15분간 주 5회 실시하였다.⁹

3) 행동 검사

행동 검사는 척수 손상 후 1일, 4일, 7일, 10일, 14일 후에 실시하여 신경 기능의 회복을 측정하였다. 행동 검사의 측정 방법으로 Inclined plane test를 평가 척도로 하였다. Inclined plane test는 척추 손상 동물이 어느 정도의 경사도에서 자기의 앞발과 뒷발의 힘으로 자기의 몸을 유지할 수 있는지를 본다. 평가 방법은 Inclined plane에서 실험동물을 경사대 위에 머리를 위로 위치시킨 후 낮은 각도에서 5 °씩 증가하여 5초 동안 자신의 몸을 경사면에서 지탱하는 경사도의 각도를 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.²¹

4) 혈액채취

혈액의 채취는 실험 2주 후에 12시간 동안 절식 후 ethyl ether로 마취하여 심장에서 직접 혈액을 채취하였다. 채혈 된 혈액은 실온에서 30분 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리한 즉시 성분 분석에 사용하였다. 혈액 생화학 성분은 혈액 생화학 자동분석기(OLMPUS 5200, 일본)를 이용하여 농도를 측정하였다.

3. 자료분석

본 연구의 실험결과는 평균±표준편차로 표시하였고 통계처리는 SPSS 12.0 for Windows 통계프로그램을 사용하였으며 효소활성도와 운동행동의 변화를 비교하기 위하여 one-way ANOVA를 실시하였고 사후검증은 Tukey 방법으로 하였으며, 통계학적 유의수준은 p<0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 효소 활성도의 변화

척수손상 후 전침이 효소의 활성도에 미치는 영향을 알아보기 위해 2주간 전침을 적용한 후에 측정된 결과에서 ALP의 농도의 경우 정상군은 790.27±89.18 IU/L, 전침군에서는 709.22±62.80 IU/L로 나타났으며 대조군에서는 912.42±50.74IU/L로 나타나 대조군에 비해 정상군과 전침군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 1). 혈청효소 CK 활성의 경우에는 정상군에서 2755.01±235.64 IU/L을 나타냈고 전침군에서 2906.76±403.62 IU/L로 나타났으며, 대조군은 4058.04±637.73 IU/L로 나타나 정상군과 전침군에 비해 대조군이 통계적으로 유의한 증가를 보였다(p<0.05)(Table 2).

Table 1. The alkaline phosphatase (ALP), activities in serum injured rats spinal cord anterior horn cell by 6-hydroxydopamine (IU/L)

	ALP	p-value
Normal	790.27±89.18 ^a	
Control	912.42±50.74 ^b	0.01*
Experimental	709.22±62.80 ^a	

All values are Mean±SD (n=7)

^{a,b} Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05

ALP: Alkaline phosphatase

Table 2. The creatine kinase (CK) activities in serum injured rats spinal cord anterior horn cell by 6-hydroxydopamine (IU/L)

	CK	p-value
Normal	2755.01±235.64 ^a	
Control	4058.04±637.73 ^b	0.00*
Experimental	2906.76±403.62 ^a	

All values are Mean±SD (n=7)

^{a,b} Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05

CK: Creatine kinase

2. 면역글로불린의 변화

전침이 면역글로불린의 농도에 미치는 영향을 알아보기 위해 척수손상 흰쥐에 전침을 적용한 후에 측정된 결과에서 IgG의 농도는 정상군은 82.15±10.27 mg/dl, 대조군이 148.07±17.81 mg/dl로 나타났고, 전침군은 70.66±10.63 mg/dl를 보여 정상군과 전침군에서 대조군보다 통계적으로 유의하게 낮은 농도로 나타났다(p<0.05)(Table 3).

Table 3. The Immunoglobulin G (IgG) concentration serum injured rats spinal cord anterior horn cell by 6-hydroxydopamine (mg/dl)

	IgG	p-value
Normal	82.15±10.27 ^a	
Control	148.07±17.81 ^b	0.00*
Experimental	70.66±10.63 ^a	

All values are Mean±SD (n=7)

^{a,b} Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05

IgG: Immunoglobulin G

3. 행동학적 변화

흰 쥐의 신체 위치를 유지하는 능력을 평가하기 위해 척수손상 후 1, 4, 7, 10, 14일 후에 각각 Inclined plane test를 실시한 후 분산분석을 실시한 결과는 정상군에서는 실험기간 동안 80.00±0.00°의 경사에서 자세를 유지하였으며 전침군에서는 대조군에 비해 손상 후 7, 10, 14일째 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Table 4).

Table 4. Maximal angle for rat's sustaining on inclined board (°)

	Normal	Control	Experimental	p-value
1day	80.00±0.00 ^a	31.42±2.43 ^b	30.00±4.08 ^b	0.00*
4day	80.00±0.00 ^a	35.00±4.08 ^b	35.71±3.45 ^b	0.00*
7day	80.00±0.00 ^a	42.71±4.49 ^b	50.00±4.08 ^c	0.00*
10day	80.00±0.00 ^a	50.00±4.08 ^b	59.85±3.93 ^c	0.00*
14day	80.00±0.00 ^a	53.57±4.75 ^b	68.57±4.68 ^c	0.00*

All values are Mean±SD (n=7)

^{a,b,c} Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05

또한 각 측정시기에 따른 실험군과 대조군의 차이를 알아보기 위해 사후검정을 실시한 결과, 손상 4일째에는 대조군이 35.00±4.08°이고, 실험군은 35.71±3.45°로 유의한 차이를 보이지 않았으나(p>0.05), 손상 7일째에 대조군은 42.71±4.49°로 실험군은 50.00±4.08°로 유의한 차이를 보였다(p<0.05).

손상 10일째에는 대조군이 50.00±4.08°이고, 실험군은

59.85±3.93°로 유의한 차이를 보였으며, 손상 14일째에는 대조군이 53.57±4.75°로 실험군이 68.57±4.68°로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(Figure 1).

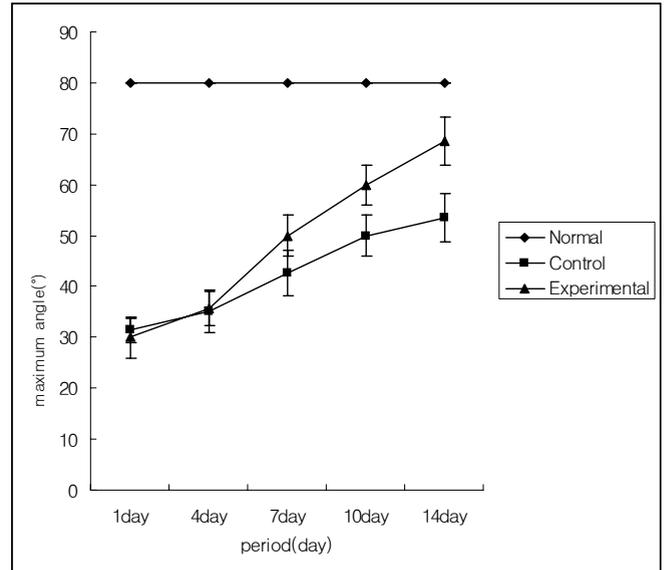


Figure 1. Maximal angle for rat's sustaining on inclined board.

IV. 고찰

척수손상은 예상할 수 없는 매우 큰 재앙으로 환자의 생존뿐 아니라 그 이후의 생활과 환자의 가족들과 주변사회에 큰 영향을 미치게 된다.²² 손상된 척수의 신경세포는 기능이 점진적으로 회복되는데 손상에 대한 신경계의 회복 반응은 신경성 쇼크의 해결, 부종의 감소로 인한 연접효율의 회복, 탈신경에 의한 과민반응(supersensitivity), 휴식기 시냅스의 동원, 삭상조직(sprouting)과 같은 변화들이 나타나 신경계의 가소성에 기여한다.²³ 이러한 신경가소성은 일생을 거쳐 신경계가 가질 수 있는 특성으로 학습 발달 손상으로부터의 회복과 관련된 많은 기전에서 특히 강조된다고 보고하였다.²⁴

중추신경계의 손상 시 신경계의 가소성(plasticity)을 증진시키기 위해 뇌와 척수에 다양한 요인들을 가해 자극함으로써 신경학적 회복을 증진시키기 위해 노력하고 있는데,²⁵ 호흡치료, 수동운동, 신장운동 등의 물리치료와 기능적 이동을 위한 운동 요법, 수중운동, 전기자극치료 등 다양한 치료법들이 개발되고 있다.²⁶

전기치료 중 전침은 경혈에 자극을 주는 침 치료법과 전기이론이 결합하여 발전된 치료법으로 침에 전류를 통하게 하는 전기적인 자극을 혈 위에 처치하면 일반적으로 사용하는 침술

보다 높은 치료효과를 얻을 수 있다.²⁷ 전침은 도자를 통해 환부에 지속적인 자극을 할 수 있으며 자극량을 객관적으로 조절할 수 있다는 장점이 있어서 신경계통 질환에 주로 사용되는데, 척수손상의 경우 척추 주변에 대한 자극을 통해 염증억제인자를 활성화시켜 초기 손상을 줄여주고, 손상된 신경조직의 재생을 촉진하여 유효하게 사용될 수 있다.²⁸ 전기자극에 의한 중추 효과로 Basmajian과 Luca²⁹는 감각신경과 운동신경이 혼합된 말초신경을 전기자극할 때 척수의 감각 및 운동뉴런을 지속적으로 흥분시킨다고 하였고, Jefinija와 Urban³⁰은 전기자극이 시냅스에서 신경전달물질의 분비를 증가시켜 척수의 운동 및 감각 뉴런들에서 흥분성 후 시냅스 전위가 증가하는 신경 가소성을 유발하여 신호전달을 촉진시킨다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 척수손상 모델쥐를 만들어 전침을 적용하여 혈청 CK, ALP, IgG의 활성 변화와 행동반응 검사의 활성 변화를 살펴보았다. 질병이나 손상에 의해 전혀 활동을 하지 못하거나 활동이 제한된 경우 모든 기관계통에서 불균형을 초래하여 혈장과 혈량의 상실, 체위성 저혈압, 무기폐, 욕창 등이 나타난다고 하였다.³¹ 정상적인 경우에는 세포내에 비해서 지극히 낮은 수준으로 존재하나 신경세포의 손상과정에서도 산소와 포도당의 공급이 떨어지면 일련의 생화학적 반응들이 일어나 세포손상으로 이어지는데 세포막의 펌프작용 이상, 글루타메이트(glutamate)의 세포외 농도증가, 과도한 칼슘이온의 세포내 유입, 유리기의 생성, 젖산의 축적 등 복잡하게 얽혀진 생화학적 반응이 일어나며 세포막의 기능이 파괴되어 세포내에 존재하는 효소가 혈중으로 유출된다.¹²

일반적으로 CK 효소는 Adenosine diphosphate (ADP)와 phosphocreatine 사이에서 고에너지 인산의 전이를 가역적 촉매작용을 일으키는 세포내 효소이다.¹³ Baek³²은 운동과 저출력 레이저가 3-AP에 의한 소뇌병변 흰쥐의 치유에서 CK와 LDH의 활성도의 변화가 있었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 족삼리에 전침으로 치료를 한 군에서 CK효소의 활성도가 2906.76±403.62 IU/L로 나타나 정상군의 2755.01±235.64 IU/L에 가깝게 유의하게 감소하여 간접적으로 기능회복에 관여하는 혈청 효소의 활성도에 영향을 주어 운동기능의 손상을 감소시킨 것으로 생각된다.

혈청효소 ALP는 신체 각 조직에 존재하며 주로 유기산 monophosphate ester를 가수분해하는 효소이다. 막을 통한 인산수송에 관여하고 혈청 중 골 질환이나 간, 담도 질환 등에서 증가하게 된다.³³ 본 연구에서도 ALP의 활성치 변화는 대조군이 912.42±50.74 IU/L로 나타난 것에 비해 정상군과 전침치료군은 790.27±89.18 IU/L, 709.22±62.80 IU/L로 유의하게 낮은 농도를 보여 좌골신경 손상 후 초음파와 수영을 실시하여 혈청 ALP가 감소하였다는 Kim³⁴의 보고와 일치된 것으로 전

침이 세포막의 투과성의 향진을 조절하여 세포간질로의 ALP의 유출을 떨어뜨린 것으로 생각된다.

면역글로불린의 한 종류인 IgG는 분자량이 150,000~160,000 kDa 정도이며 면역 globulin의 대부분을 차지하고 있다. 항원에 노출된 직후에 생성되며, IgG는 태반을 통해 선천적 수동면역을 계대한다. 식세포(phagocyte)는 IgG와 결합하여 미생물을 탐식하거나 파괴시키고, 또한 보체를 활성화시킨다. IgG는 혈관벽을 통해 소장내로 이동하고, 신체의 IgG의 반(15~25%)은 간질조직에서 발견되고, 나머지(75~85%)는 혈장 내에 존재한다.³⁵ 특히 면역글로불린 IgG농도의 증가는 근래에 감염 또는 항원에 노출된 것을 의미하는데,¹⁵ 본 연구에서도 대조군이 정상군과 전침치료군에 비해 현저히 높은 농도로 나타났고 이러한 결과로 보아 약물의 감염에 대해 전침을 적용함으로써 저항력을 강화시킨 것으로 생각된다.

한편 하위 포유류에서 척수의 잔여 기능을 정량적으로 평가하기 위해 여러 가지 접근이 시도되었는데 대표적으로 incline plane test와 BBB (Basso Beattie Bresnahan locomotor rating) scale 등의 행동평가 방법을 통해 손상의 정도와 기능적인 회복의 일치도를 알 수 있다.³⁶ 그래서 본 연구에서는 실험동물의 털을 제거한 후 요추부에 6-OHDA로 척수손상을 유발한 후 손상정도를 파악하기 위한 기능 테스트 방법으로 incline plane test를 사용하였다. 정상군에서는 실험기간 동안 80.00±0.00°의 경사에서 자세를 일정하게 유지하였으며, 대조군과 전침치료군에서는 척수 손상 후 두 군 모두에서 손상 후 1일째와 비교하여 경사각이 유의한 값을 보임에 따라 행동평가 방법이 운동기능을 평가하는 유용한 방법임을 알 수 있었다. 치료효과가 시간이 지남에 따라 증가하였지만 특히 병변 초기에 속하는 7일에 큰 폭의 치료효과 나타나는 것을 확인 할 수 있었는데 Yang³⁷의 연구에서도 트레드밀과 전침치료 후 손상 7일에 기능회복에 미치는 효과가 컸다고 보고하였다. 이는 시간에 따라 척수내의 운동시스템이 원활한 작용을 하였다는 것을 의미한다고 유추할 수 있으며, 척수손상 후 BBB와 경사각의 신경회복을 보인 Chun 등³⁸과 일치되는 결과이다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 수산화도파민에 의한 척수손상 흰쥐에게 족삼리 전침을 적용하면 기능회복에 관여하는 혈청 효소의 활성도에 긍정적인 영향을 주며, 중추신경계의 가소성과 운동기능 발달 기전을 밝히는 데 효과를 미칠 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결론

6-OHDA로 척수손상을 유발시킨 흰쥐에게 족삼리 전침을 적

용한 다음, 운동기능을 평가하는 경사각은 시간이 지남에 따라 큰 폭의 증가를 나타냈고, 효소활성도를 측정한 결과 CK 농도는 전침군이 대조군보다 낮았으며, ALP 농도도 대조군에 비해 낮게 나타났고, IgG 농도는 대조군에 비해 보다 유의하게 높게 나타났다. 이상의 연구 결과로 척수손상과 같은 중추신경계 손상 전침을 2주간 시행하였을 때 운동기능의 회복과 효소활성도의 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 따라서 척수손상시 지속적인 전침을 적용하면 세포내외의 효소의 균형을 유지하므로 효과적인 치료방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Ha MS

Acquisition of data: Ha MS, Park RJ

Analysis and interpretation of data: Ha MS

Drafting of the manuscript: Ha MS, Park RJ

Research supervision: Ha MS

참고문헌

1. Tessier-Lavigne M, Goodman CS. Perspectives: neurobiology. regeneration in the nogo zone. *Science*. 2000;287(5454):813-4.
2. Defrin R, Ohry A, Blumen N et al. Pain following spinal cord injury. *Spinal cord*. 2002;40:96-97.
3. Myckatyn TM, Mackinnon SE, McDonald JW. Stem cell transplantation and other novel techniques for promoting recovery from spinal cord injury. *Transpl Immunol*. 2004;12(3-4):343-58.
4. Senior K. Spinal-cord repair: are we getting closer? *Lancet*. 2000;355(9212):1340.
5. Hamid S, Havek R. Role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury: an overview. *Eur Spine J*. 2008;17(9):1256-69.
6. Houghton PE, Kincaid CB, Lovell M et al. Effect of electrical stimulation on chronic leg ulcer size and appearance. *Phys Ther*. 2003;83(1):17-28.
7. Park SI, Koo ST, Hwang JH et al. Effects of acupuncture applied to food samli on the rat model of knee arthritic pain. *The Korean Journal of Meridian and Acupoint*. 2004;21(1):113-27.
8. Yun JA, Yu YC, Kim KS et al. Experimental study of electro-acupuncture's parameters at ST 36 on the serum gastrin level in rats. *J Korean Acupuncture and Moxibustion Society*. 2005;22(1):145-53.
9. Kim JH, Min BI, Schmidt D et al. The difference between electroacupuncture only and electroacupuncture with manipulation on analgesia in rats. *Neurosci Lett*. 2000;279(3):149-52.
10. Hsieh JC, Tu CH, Chen FP et al. Activation of the hypothalamus characterizes the acupuncture stimulation at the analgesic point in human: a positron emission tomography study. *Neurosci Lett*. 2001;307(2):105-8.
11. Kim JI, Kim YS, Kim CH. Difference in NOS between 2Hz and 100Hz EA in cerebral cortex, brain stem and cerebellum of spontaneously hypertensive rats. *J Korean Acupuncture and Moxibustion Society*. 2001;18(4):116-24.
12. Zweifer RM. Management of acute stroke. *J South Med*. 2003;96(4):380-85.
13. Kim MY. The effect of aerobic exercise on plasma LDH isoenzymes and CPK concentration in cerebral palsied. Dankook University. Dissertation of Master's Degree. 2004.
14. Kim YK, Jun SI. The Comparison on Psychosocial Adaptation and NK cell cytotoxicity between Exercise Group and Non-exercise Group in Spinal Cord Injury Subjects. *Korean J Sport Med*. 2001;19(2):374-89.
15. Kim SJ. Immunology. Seoul, Korea Medical Book Publisher Co, 1994:219.
16. Ohman EM, Teo KK, Johnso AH et al. Abnormal cardiac enzyme responses after strenuous exercise: alternative diagnostic aids. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1982;285(6354):1523-26.
17. Park SK, Rho MH, Kim EY et al. Effects of exercise and electroacupuncture on activity of enzyme in the ataxia rats by the 3-acetylpyridine. 2007;18(6):1093-102.
18. Tai MH, Cheng H, Wu JP et al. Gene transfer of glial cell line-derived neurotrophic factor promotes functional recovery following spinal cord contusion. *Experimental Neurology*. 2003;183:508-15.
19. Bao F, Liu D. Peroxynitrite generated in the rat spinal cord induces neuron death and neurological deficits. *Neuroscience*. 2002;155(3):839-49.
20. Behrmann DL, Bresnahan JC, Beattie MS et al. Spinal cord injury produce by consistent mechanical displacement of the cord in rats: Behavioral and Histologic analysis. *J Neurotrauma*. 1992;9(3):197-216.
21. Jun KH. A study on effect several therapeutic factors on motor behavior and expression of NGF following spinal cord crush injury in the rat. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2003.

22. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical rehabilitation: assessment and treatment. 4th ed. Philadelphia, FA Davis company, 2001.
23. Stein DG, Brailowsky S, Will B. Brain repair. New York, Oxford, 1995.
24. Lee SM, Koo HM, Kim JS. Effects of enriched environment on expression of BDNF and motor performance after alcohol-induced brain injury in neonatal rats. *J Kor Soc Phys Ther.* 2003;15(3):251-64.
25. Lundary-Kkamm. Neuroscience: fundamentals for rehabilitation. Philadelphia, WB Saunders Company, 1998.
26. Kim YE, Kim KY. The effect of the swimming exercise on motor functional recovery after experimental contusive spinal cord injury in the rats. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007; 19(3):1-9.
27. Saletu B, Saletu M, Brown M et al. Hypno-analgesia and acupuncture analgesia: a neurophysiological reality? *Neuropsychobiology.* 1975;1(4):218-42.
28. Yang C, Li B, Liu TS et al. Effect of electroacupuncture on proliferation of astrocytes after spinal cord injury. *Zhongguo Zhen Jiu.* 2005;25(8):569-72.
29. Bsasmajian JV, de Luca CJ. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. Baltimore, Williams & Wilkins, 1988:125-35.
30. Jefinija S, Urban L. Repetitive stimulation induced potentiation of excitatory transmission in the rat dorsal horn: an in vitro study. *J Neurophysiol.* 1994;71(1):216-28.
31. Roberts D, Smith DJ. Biomechanical aspects of peripheral muscle fatigue. a review. *Sports Med.* 1989;7(2):125-38.
32. Baek IH. Effect of the low power laser and exercise on the recovery in the cerebellar injured rats by 3-acetylpyridine. *The Journal of Korean Academy of Physical Therapist.* 2005;12(4):25-6.
33. Lee KN, Moon HR, Lee YH. Lab. test dictionary: Clinical pathology selection and interpretation. Seoul, Korea Medical Book Publisher Co, 1988:29-31.
34. Kim EY. T Effects of the ultrasound and swimming on the changes of serum creatine kinase activities in the nerve and muscle injury rats. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2002.
35. Lee JS, Rho MH, Yong JH et al. Human physiology. Seoul, Jungdam Publishing Co, 2002:278-9.
36. Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. *J Neurotrauma.* 1995;12(1):1-21.
37. Yang DU. Effects of treadmill exercise electroacupuncture on apoptosis and functional recovery in the rats with spinal cord injury. Dongsin University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
38. Chun JS, Kim TY, Nam KW et al. The effects of treadmill exercise on the recovery of functional capacity in spinal cord injured rats. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007;19(4):15-24.