

# 운동과 저출력 레이저가 말초신경손상 흰쥐의 CAMP와 조직학적 변화에 미치는 영향

부산가톨릭대학 보건과학대학원 물리치료전공

하 미 숙 · 백 일 훈

부산가톨릭대학교 물리치료학과

이 현 옥 · 김 선 엽 · 노 민 희

The effects of Exercise and Low-Power Laser on the Changes of CMAP and  
Histologic factor in Peripheral Nerve Injured Rats

Ha, Mi Sook · Baek, Il hun

*Physical Therapy Major, Graduate School of Health Science, Catholic University of Pusan*

Lee, Hyun Ok · Kim, Sun Yueb · Rho, Min Hee

*Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan*

## ABSTRACT

This study was performed to investigate the effects of low-power Helium Neon Infra Red(He-Ne IR)laser irradiation and exercise on the regeneration of experimentally cut sciatic nerve in rats. The thirty Sprague-Dawley adult male rats were assigned to the 6 groups : normal group(1), injured control groups(2), experimental groups(3).

There was made artificial injured in the sciatic nerve of rats the each experimental laser group and exercise group were treated from 3 days after being injured for the 5 minutes(laser group), 10 minutes(exercise group), and 15 minutes(exercise and laser group) everyday during 2 weeks. There were measured the changes of amplitude of compound muscle action potential and histological change by the light microscopy on the sciatic nerve injured rats.

The results obtained as follows :

1. In the control groups, the regeneration were slowly and slightly progressed to compared with the experimental groups. Inflammation were much more observed, and fibrous adhesion was also observed around the sutured region of the cut sciatic nerve.

2. The amplitude of compound muscle action potential in the experimental groups were significantly increased to the injured control groups at 1 week( $p<.05$ ).

The compound muscle action potential of the exercise and lased group was significantly decreased to be similar to normal group at 2 weeks( $p<.05$ ).

3. In histologic finding, in the experimental groups were observed the proliferation of the schwann cells, the infiltration of inflammatory cells and the extent of destruction at adjacent tissue were remarkably decreased on the 2 weeks.

From these experimental results, it may be suggested that the laser and exercise were effected the healing process of peripheral nerve injured rats.

---

**Key words:** Nerve regeneration; Rat; Sciatic nerve; Helium-neon laser; exercise

## I. 서론

말초신경은 임상적으로 수술 후유증이나 외상 등에 의해 쉽게 손상 받을 수 있는 조직으로 중추신경과는 달리 손상의 정도에 따라 생체내에서 어느 정도 재생이 가능하다. 말초신경이 손상되면 신경세포체, 축삭, 신경종말기관 또는 지배근육 대사와 구조적 변화가 생기게 되며 치료 후에도 근마비, 감각섬유의 손상, 통증유발성 신경병증(painful neuropathy) 등이 발생되기 때문에 완전한 회복이 이루어지지 않는다고 보고하였다(Evans 등, 1999). 손상된 신경섬유는 말단부로부터 축삭의 재생 및 말초신경의 기능적 연결을 통하여 회복되며 신경조직의 세포분열 상태와 치유과정에 따라 달라진다(Ossowska 등, 1996).

좌골신경은 인체에서 가장 크고 긴 신경으로 대퇴의 대퇴신근 및 하퇴의 굴근에 대한 운동지배와 대퇴후부와 피부에 대한 감각을 지배한다(구자영 등, 1999). 이러한 좌골신경의 손상은 근육의 수의적 조절 능력의 상실, 관절의 구축, 말초의 감각섬유 이상을 초래한다(Abergel 등, 1987; Roger 등, 1999). 손상으로 인

해 신경이 변성되어 정상적으로 근육을 지배하지 못하면, 근육은 정상적인 크기를 유지하는 데 필요한 신경자극을 더 이상 받지 못하게 되어 결국 탈신경위축이 유발된다(이명화, 2000).

말초신경계 질환이나 중추신경계 질환으로 인한 장애나 손상을 레이저를 조사함으로써 소염작용 및 진통작용과 세포재생작용 그리고 혈액순환을 원활히 해주며(Baxter, 1989), 세포 대사와 분열의 증대로 피부재생을 촉진시켜 상처가 치유되며(Markler 등, 1989), 정형외과에서는 운동손상이나 관절염, 손상된 골이나 연골, 근육과 연부조직의 외상치료(Cheen과 Liow, 1989)에 적용되고있다. 손상과 관련된 척수분절에 대한 간접적인 저출력 레이저 조사가 말초신경 회복을 향상시킬 수 있음을 제시하였다(Rochkind 등, 2001).

최근 말초신경 손상 후 근위축은 적절한 운동이나 근육을 신진시킨 상태로 유지하게 함으로써 예방할 수 있다는 보고가 있다(Markku 등, 1992; Clamann, 1993). Roy 등(1998)은 고양이를 이용하여 5개월 동안 하루에 30분씩 주당 5일을 트레이닝을 시켜 넵치근의 최대 수축능력, 등척성 연속속도, 그리

고 최대 단축속도의 향상에 관한 연구를 하였다. 또한 Van Meeteren 등(1997)이 좌골신경 압박 손상된 흰쥐에 운동을 적용한 결과 운동과 감각 기능의 회복이 촉진되었음을 보고하였다.

본 연구에서는 좌골신경 손상 후 운동과 레이저가 신경 재생을 촉진시킬 수 있는가를 알아보기 위해 좌골신경에 열상을 가하여 손상된 흰쥐를 대상으로 복합근활동전위의 진폭을 측정하고 조직학적 변화를 관찰하였다.

임상에서는 말초신경 손상 환자에 대해 레이저 사용이 빈번하고 여러 가지 운동이 많이 적용되고 있으나 그 치료방법에 따른 효과에 대한 이론적 근거를 밝혀 줄 연구는 미약한 실정이다.

이에 본 연구에서는 타 조직에 비해 재생 능력이 불량한 말초신경 재생의 치유과정을 촉진시키는 효과를 알아보기 위해 좌골신경 손상 흰쥐에 운동과 레이저를 적용한 후 복합근활동전위 검사를 실시하고 손상된 신경 조직을 광학 현미경으로 관찰하여 말초신경 재생에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험 재료

실험동물은 부산가톨릭대학교 동물 실험실에서 계 대한 평균 체중이  $290 \pm 25g$  되는 Sprague-Dewley 계 숫쥐로 5마리씩 6군으로 30마리를 체중이 비슷한 것끼리 배정하였다. 실험동물의 사육은 온도  $22 \pm 2^\circ C$ , 습도 50-60%를 항상 유지시켰으며, 명암은 12시간/12시간으로 조절하고, 식이와 물은 자유롭게 급식 하도록 하였다. 실험동물은 정상군, 근육손상 대조군, 신경손상 대조군, 신경손상 후 운동을 실시한 운동군, 신경 손상 후 레이저를 적용한 레이저군, 신경 손상 후 운동과 레이저를 동시에 적용한 운동-레이저군으로 구분하였다.

### 2. 방법

#### 1) 좌골신경 손상

좌골신경 손상은 실험동물을 마취하여 좌측 대퇴부의 털을 제거하고 피부를 절개한 후 대퇴이두근을 박리하여 좌골신경을 노출시키고 40~50% 열상을 준 후 근육과 피부를 봉합하고 외과적 처치를 하였다.

#### 2) 레이저조사

레이저 치료는 저출력 He-Ne IR laser (LASOTRONIC MED. 100, Lastro-nic A.G., Swizerland)로 He-Ne laser 파장은 4,672Hz, 출력 20mW( $6J/cm^2$ ), IR laser 파장은 830Hz, 출력 20mW×4이다. 상기 기기를 사용하여 손상 후 4일째 부터 매일 5분씩 2주간 적용하였다.

#### 3) 운동적용

운동은 직경이 7cm이며 15cm간격의 칸막이가 6개로 구성되어 있으며, 높이는 60cm의 회전 가능한 원통형의 봉으로 구성된 로타로드로 분당 20회 회전속도로 손상 후 4일째부터 매일 10분씩 2주간 적용하였다.

운동과 레이저의 동시 적용군은 상기 방법에 의해 레이저를 적용한 후 운동을 시켰다.

#### 4) 복합근활동전위 검사

복합근활동전위 검사는 근전도(Excell, Cadwell, USA)를 이용하여 대조군과 실험군의 손상부위 좌골신경에 실시하여 운동신경의 복합근활동전위(compound muscle action potential : CMAP)의 진폭을 측정하였다.

근전도의 주파수 범위는 10Hz~10kHz로 하며, 소인속도는 5msec/division, 민감도는 1~5mV/division으로 하였다. 복합근활동전위의 기록은 운상전극(ring electrode)을 사용하며 활동기록 전극은 비복근에 대조전극은 발등에 접지전극은 복부에 부착하여 시행하였다.

전기자극은 활동기록 전극으로부터 7cm 근위부의 좌측 좌골신경이 지나가는 피하조직에 주었다. 자극 빈도는 초당 2회, 지속시간을 0.1msec로 하였고, 자극의 강도는 복합근활동전위의 진폭이 최대로 될 때까지 자극하였다. 복합근활동전위의 진폭은 음극과 양극의 두 정점간의 거리를 mV단위로 기록하였다.

#### 5) 조직검사

조직의 절취는 손상을 줄 때와 동일한 방법으로 전신마취를 유발한 후 실험부위를 중심으로 신경절편을 채취하여 10% 포르말린 용액에 고정하였다. 고정된 조직절편을 Harris hematoxylin에 15분간 염색한 후 흐르는 물에 수세하였다. 조직을 1% HCl에 1초 간 담갔다가 재빨리 꺼내 흐르는 물에 수세한 후, 암모니아수로 30초 간 중화시킨 다음 흐르는 물로 5분간 수세하였다. 이어서 조직을 eosin에 2분간 염색시킨 후 흐르는 물로 수세하였고, 95% 에틸알코올에서 2분씩 2회, 100% 에틸알코올에서 2분씩 2회 탈수시키고, xylene에서 2분씩 2회 투명과정을 거치게 한 다음 Canada balsam으로 봉입하였다. 조직 표본을 충분

히 말린 다음 광학현미경(Axiophot, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 검경하였다.

#### 6) 자료처리

본 연구의 실험결과는 평균±표준편차로 표시하였고 통계처리는 SPSS for 10.0 win program을 사용하였으며 실험군간의 통계적 유의성을 검증하기 위하여 one-way ANOVA를 실시하였고 사후검증은 Scheffe 방법으로 하였으며, 전후 차이를 검증하기 위하여 paired t-test를 시행하였고 통계학적 유의수준은  $p < .05$ 로 정하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 복합근활동전위의 변화

좌골신경 손상 후 정상군의 진폭은  $2.73 \pm 1.51$ mV

Table 1. The amplitudes of CMAP in the sciatic nerve injured rats on the treatment of laser and exercise for Pretreatment, 1 week and 2 weeks. (N=30)

	Pretreatment	1 week	2 weeks
NOR	$2.73 \pm 0.01^a$	$2.70 \pm 0.05^a$	$2.65 \pm 0.08^a$
MCON	$3.17 \pm 0.06^b$	$3.02 \pm 0.03^a$	$2.97 \pm 0.07^b$
NCON	$0.44 \pm 0.04^c$	$5.38 \pm 0.08^b$	$4.92 \pm 0.11^c$
EX	$0.47 \pm 0.01^c$	$4.84 \pm 0.08^c$	$3.81 \pm 0.07^d$
LAS	$0.43 \pm 0.03^c$	$4.68 \pm 0.02^c$	$3.99 \pm 0.10^d$
EX+LAS	$0.45 \pm 0.02^c$	$3.41 \pm 0.04^d$	$2.63 \pm 0.08^a$

Mean±SD(mV)

NOR : normal group

MCON : control of damaged muscle

NCON : control of damaged nerve

EX : exercise group

LAS : laser group

EX+LAS : exercise + laser group

CMAP : compound muscle action potential

a, b, c, d values with different superscripts within the same columns are significantly different at  $p < .05$

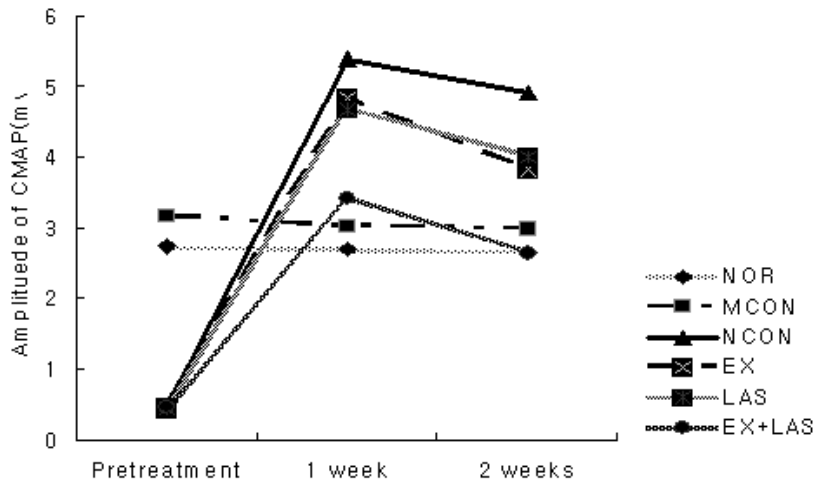


Figure 1. The amplitudes of CMAP in the sciatic nerve injured rats on the treatment of laser and exercise for Pretreatment, 1 week and 2 weeks.

이며 근육손상군은  $3.17 \pm 0.26 \text{ mV}$ 인데 신경손상군과 실험군들은 복합근활동전위가 나타나지 않았다.

치료 1주에는 손상대조군에 비해 전 실험군들에서 복합근활동전위의 진폭이 유의하게 증가되었으나 ( $p < .05$ ), 치료 2주에서는 운동군과 레이저군에서는 큰 차이가 없었으나, 운동과 레이저 동시 적용군에서는 유의하게 감소되는 소견을 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 1).

정상 신경을 자극할 때 관찰되는 복합근활동전위는 평균  $2.70 \pm 5.55 \text{ mV}$ 였고 치료 1주에 신경손상군의 복합근활동전위가 현저히 과민해져 정상군 복합근활동전위의 99%를 보였으며 운동과 레이저 동시 적용군의 복합근활동전위는 정상군의 26%를 나타냈다.

치료 2주에서는 운동군은 41%, 레이저군은 47%이며 운동과 레이저 동시 적용군은 2%를 보여 신경 손상 후 시간이 경과함에 따라 복합근활동전위의 회복이 나타나고 있음을 보였다 (Figure 1).

## 2. 말초신경의 조직학적 변화.

좌골신경 손상 후 손상대조군에서는 운동과 레이저

치료를 받은 실험군에 비해 염증 소견이 더 많이 나타났고 주위 조직과 경계가 불분명한 섬유성 유착이 육안적으로 관찰되었다.

조직학적 소견에서 신경손상군은 축삭돌기의 핵과 세포질은 변성되어 거의 소실되었고 슈반세포의 핵과 세포질은 중등도의 변성을 나타내었다 (Figure 2). 염증세포들이 주위조직과 혼재되어 있고 충혈된 혈관이 관찰되었다 (Figure 3).

실험군들은 신경조직에서 축삭돌기의 핵과 슈반세포의 핵에서만 경도의 변성을 보이고 있었으며 세포질의 변성은 상당히 감소하여 초기재생을 관찰할 수 있었다 (Figure 6, Figure 8). 특히 운동과 레이저 동시 적용군에서는 슈반세포의 증식이 관찰되어 뚜렷하게 재생되고 있음을 볼 수 있었다 (Figure 10). 또한 알려진 변성이 감소되는 소견을 보였고 운동과 레이저 동시 적용군에서 염증세포의 침윤이 현저하게 감소하고 주위조직의 파괴정도도 미약하거나 소실된 양상을 나타내어 정상조직에 근접하고 있음을 관찰할 수 있었다 (Table 2).

Table 2. Histopathologic findings of the sciatic nerve injured rats on the treatment of laser and exercise for 2 weeks.

	NOR	NCON	EX	LAS	EX+LAS
Proliferation of schwann cell	—	—	±	+	++
Wallerian degeneration	—	++	—	+	—
Infiltration of inflammatory cell	—	++	±	±	—
Destruction of axon	—	++	±	±	—
Destruction of adjacent tissue	—	++	±	±	—

Remark : —: negative, +/—: trace, +: mild, ++ : moderate, +++ : severe

NOR : normal group

NCON : control of damaged nerve

EX : exercise group

LAS : laser group

EX+LAS : exercise + laser group

## IV. 고찰

현대사회에 들어서면서 교통사고와 산업재해의 증가와 더불어 외상성 말초신경 손상도 증가하고 있다.

손상 받은 말초신경은 손상 후 매우 짧은 시간 내에 근위부에서 원위부로 축삭재생 반응이 일어나며, 그 재생에 관여하는 세포들은 슈반세포, 섬유모세포, 기저세포가 있으며, 슈반세포는 직접 축삭을 재생할 뿐만 아니라 섬유원세포나 기저세포에 의해 일어나는 신경조직의 재생에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 슈반세포가 없으면 신경재생이 제한을 받는다고 보고되고 있다(Townsend와 Taylor, 1984).

신경섬유는 손상 받은 후 염증세포들은 손상된 세포 잔재들은 2-3일 내에 대식세포에 의해 점차적으로 탐식되어 분해된다. 그리하여 기저막으로 둘러싸인 신경섬유막관을 통해 축삭이 근위로부터 성장해 들어오며, 그 후 슈반세포가 역시 근위로부터 축삭을 따라 재생에 관여한다(Ide 등, 1983; Ide와 Kato, 1990).

손상된 말초신경의 회복을 촉진시키기 위해 많은 연구들이 진행되어 왔으며, 최근에는 저출력 레이저가 손상된 말초신경의 회복을 촉진시킬 수 있다는 연구들이 발표되고 있다(Midamba와 Haanase, 1993; Wollman과 Rochkind,

1998; Rochkind 등, 2001).

파장 632.8nm의 적색광을 방출하는 He-Ne 레이저는 창상치유와 퇴행성 관절염, 류마티스 관절염, 슬개골 연화증, 건초염, 상완골 상과염, 근막동통 증후군, 대상포진의 통증, 삼차신경통 등 여러 가지 원인으로 초래되는 근골격계, 신경계의 급성 및 만성 통증을 완화시킬 목적으로 널리 사용되고 있다(King 등, 1990; Kitchen과 Partridge, 1991).

저출력 레이저가 연부조직에 미치는 영향에 대한 연구에서, Lyons 등(1987)과 Mester 등(1985)은 혈관 증식과 섬유모세포의 성장을 촉진하였으며, 면역반응을 촉진시켰다고 하였고, Kana(1981)는 He-Ne 레이저와 Argon 레이저를 매일 지속적으로 투여했을 때 교원섬유 합성이 증가되었다고 하였으며, Zakariasen과 Dederich(1988)는 1-10mW의 출력에서는 섬유모세포의 증식을 촉진한다고 보고하여 표피 손상에 대한 레이저의 치료효과를 인정하였다. 저출력 레이저가 신경세포에서는 축삭과 가지돌기의 생성, 슈반세포 및 성장세포 증식, 신경세포의 생화학적 변화 등을 초래하여, 축삭의 분해와 반흔형성을 방지하고, 이로 인해 축삭의 퇴행성 변화 방지 및 재생촉진의 효과가 있다고 하였다(Yew 등, 1990).

본 연구에서는 좌골신경 손상 후 2주간 조직재생을 관찰한 결과 슈반세포의 증식을 관찰할 수 있었으며,

이는 Yew 등(1990)의 보고와 같이 레이저 조사로 신경재생이 촉진된 것으로 생각할 수 있다.

치료용 레이저의 진통작용의 기전은 그 동안 관문조절 이론과 super-oxide dismutase(SOD)가 증가하여 프로스타글란딘 E가 유해수용체 막전위를 변화시킨다는 SOD이론, Na-K ATPase의 증가로 유해수용체의 충격 전달이 감소됨에 따라 통증이 감소된다는 이론, 신경세포막의 탈분극을 방해하여 통증 운동이 자극되어 조직의 대사가 증진되고 이에 따라 염증 및 염증산물의 흡수가 촉진되어 통증이 완화된다는 혈관운동 자극설 등으로 설명되고(Waller, 1983; Synder-Mackler 등, 1989; Baxter, 1994), 신경전달물질 분비의 변화, 특수한 조직에서의 온도상승효과 또는 피부 저항성 증가 등도 매우 유력시 되고 있다(박장성, 1996; King 등, 1990).

김호석 등(1995)은 말초신경이 손상을 입어 축삭이 절단되면 퇴행성 변화가 오고 그 다음에는 회복기로 들어간다. 손상된 부위로 혈액내의 대식세포가 이동되어 들어오게 되고 이들은 단백분해 효소를 분비하며 조직잔사를 탐식하여 제거하는 기능을 수행함과 동시에 유사분열 성장인자(mitogenic growth factor)를 분비함으로써 슈반세포의 증식을 자극한다. Nakamura 등(2001)과 Yin 등(2001)은 말초신경 재생은 손상 주위에서 증식된 슈반세포에서 신경 영양성 인자가 생성되는가에 달려있다고 하였고, 백선용 등(1999)은 흰쥐의 말초신경 압박손상 후 뒤뿌리 신경절, 세포에서 NGF mRNA를 포함하는 세포의 수가 손상 후 1일 그리고 BDNF는 손상 후 3일에 가장 많이 증가함을 보고하였다. Irintchev 등(1991)은 좌골신경이 손상된 후에도 흰쥐의 둔부 근육들에 대한 신경지배는 남아있어 고관절의 움직임이 가능하므로 손상 직후부터 하지 운동이 가능하다. Nosaka 등(2000)에 의하면 손상된 조직에 대한 운동의 효과는 빠른 근력회복, 관절가동 범위 제한의 최소화, 부종과 근육통 감소, 혈중 단백질 증가, 미세구조 정상화 등의 보고가 있다.

본 연구에서도 좌골신경 손상 후 4일째부터 운동을

실시하였는데 수행하는데 무리가 없었고 운동을 적용한 후 정상조직에 근접하고 있음이 관찰되는 것으로 보아 운동이 치료효과가 있다고 사료되어진다.

손상된 말초신경의 재생정도를 평가하는데 여러 방법이 활용되고 있는데 조직학적 관찰과 형태학적 관찰만으로는 기능회복을 정확히 알 수 없기 때문에 전기생리학적인(권순오 등, 1991)으로 신경의 복합활동전위를 측정하거나 신경이 지배하는 근육에서 근전도를 기록한다. 따라서 본 연구에서도 운동신경의 복합근 활동전위의 진폭을 측정하였다.

사람에서 말초신경의 반절절단 손상 후 4-5일까지도 원위부 축삭은 흥분성을 유지하므로 이 기간동안에 손상 원위부의 신경을 자극할 경우 신경전도 속도와 CMAP의 진폭은 거의 변화를 보이지 않는다고 하였다(Dorfman, 1990; 최은석과 강세윤, 1996). Rochkind 등(1987)은 손상된 신경과 정상신경에 He-Ne 레이저 적용은 더 많은 신경섬유가 활성화하도록 하여 활동전위를 나타내 레이저가 변성을 지연시켜 반흔형성 및 재생의 과정을 역동적으로 변화시킨다고 하였다. Van Meeteren 등(1997)은 백서에 좌골신경 손상 후 운동신경 전도속도를 비교한 결과 운동신경과 감각신경의 기능이 좋아졌다고 보고하였다.

본 연구에서는 정상군에 비해 손상대조군과 실험군에서 모두 차이가 있었고, 치료 2주간의 실험군은 손상대조군에 비교하여 각각 의미있는 변화를 보였으며, 특히 운동과 레이저를 동시에 적용한 군에서는 복합근활동전위의 진폭이 정상치에 가깝게 도달함을 알 수 있었다.

Dorfman(1990)은 말초신경의 압박손상 후 기능적 회복과 관련된 재생 정도의 평가는 주로 조직학적 검사가 사용되고 있다. 신경 절단 후 신경 세포체는 팽대되고, 니슬소체는 사라지고, 핵은 핵막 주변부로 이동된다. 근위부 축삭은 다양한 외상성 변성(trumatic degeneration)이 진행된다. 그리고 나서 다음 랭비에 절까지 역행성 변성이 일어나 세포가 죽게 된다(Seckel, 1990). 말초신경 손상 후의 신경 재생의 촉진

효과에 관해서는 혈액공급의 증가, 혈관 형성의 촉진, 혈장단백 투과의 촉진, 콜라겐 양의 증가, RNA합성의 증가, 신경교세포의 증식, 신경세포와 라미닌의 증식 등의 기전에 의해 신경재생을 촉진한다고 보고되고 있다(방문석 등, 1996). 손상 1-3일 후 슈반세포의 세포질 돌기가 기저막으로 성장하여 신경섬유로 분리되어 1주가 되면 축삭의 수초화가 진행된다고 하였다(Osawa 등, 1990). 대부분의 슈반세포는 신경능에서 유래하고(Mirsky와 Jessen, 1999) 기능은 수초화를 담당한다(Lee 등, 1999). 성숙한 신경이 절단되면, 원위부 말단의 유수초 세포와 무수초 세포는 형태와 유전자 발현에 많은 변화가 진행된다. 축삭의 근위부에서는 손상된 부근에 약간의 퇴행성 변화가 일어나나 이 부분의 조직잔사는 대식세포에 의해 제거됨과 동시에 성장이 시작된다. 손상 원위부에서는 축삭과 수초층 모두 완전한 퇴행성 변화가 일어나며 결합조직과 신경주위막(perineural sheath)을 제외한 조직잔사들은 대식세포에 의해 제거된다. 이러한 퇴행성 변화가 일어났을 경우 슈반세포는 남아있는 결합조직 안에서 증식하여 세포주(cell column)을 형성한다. 이 슈반세포의 세포주는 회복기에 축삭이 자라나는 방향을 유도하는 역할을 한다. 또한 슈반세포는 축삭의 성장을 촉진하는 단백질인 라미닌을 분비하며 슈반세포의 표면에 있는 접착분자(adhesion molecules)와 함께 축삭의 재생을 촉진하는 것으로 알려져 있다(김호석 등, 1995). 신경 손상에서 슈반세포 반응의 중요한 결과는 축삭재생(regrowth)을 바쳐주는 환경을 생성하는 것이다(Scherer와 Salzer, 1996). 즉 축삭 성장은 슈반세포에서 유래된 분자신호, 슈반세포의 증식과 분화 즉, 축삭의 접촉에 의존한다(Martini와 Schachner, 1988). 슈반세포는 신경중에서 증식하고 몇 가지 신경성장인자를 높은 수준으로 발현하며, 접착성 분자(adhesion molecules) 혹은 축삭 재생에 중요한 수용체를 발현하기도 한다. 그리고 사이토카인(cytokines)을 생성하여 축삭의 재생에 적합한 환경을 만들어 준다(Shibuya 등, 1995; Ramer 등, 1997).

본 연구의 결과에서 말초신경 손상 후 운동과 레이저 치료시 축삭의 재생에 중요한 작용을 하는 슈반세포의 증식을 확인할 수 있었고 이상의 연구와 같이 레이저와 운동이 말초신경 손상시 신경재생을 촉진시키는 것으로 추정된다.

실험 기간의 제한으로 그 후의 변화를 알 수 없었으나 육안적으로나 조직학적으로 운동과 레이저 치료가 신경조직의 재생을 촉진시키는데 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있었다. 향후 운동과 레이저 적용의 기간과 방법 등을 다양하게 변화시켜 그에 따른 형태적 기능적인 변화를 살펴보고 이를 이용하여 환자를 대상으로 임상적 연구 등이 다각적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## V. 결론

말초신경 손상시 운동과 레이저 치료가 신경재생을 촉진시킬 수 있는가를 알아보기 위해 좌골신경에 열상을 가하여 손상된 쥐 30마리를 대상으로 복합근활동전위의 진폭을 측정하고 조직학적으로 비교 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 좌골신경 손상 후 손상대조군에서는 운동과 레이저 치료를 받은 실험군에 비해 염증 소견이 더 많이 타났고 주위 조직과 경계가 불분명한 섬유성 유착이 육안적으로 관찰되었다.
2. 복합근활동전위 검사에서 진폭의 변화는 치료 후 1주째는 유의하게 증가하였으나( $p < .05$ ), 치료 후 2주째에는 운동과 레이저 동시 적용군이 대조군에 비해 정상군의 평균치에 가까운 복합근활동전위가 유발되었다.
3. 조직학적 소견에서는 전 실험군에서 슈반세포의 증식을 관찰할 수 있었고, 염증 세포의 침윤과 인접 주



위 조직의 파괴 정도가 미약하거나 소실된 양상을 관찰할 수 있었다.

이상과 같은 실험결과로 미루어 볼 때 말초신경 손상시 운동과 레이저가 신경재생 과정에 효과가 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 권순오, 한경수, 김병욱. 저출력 레이저 조사가 백서의 좌골신경 재생에 미치는 영향에 관한 연구. 대한구강내과학회지, 16, 17-31, 1991.
- 김호석, 박노부, 김진수. 백서 좌골신경의 압좌상과 절제에 따른 말초신경 재생의 비교, 대한악안면성형재건외과학회지, 17(1), 96-107, 1995.
- 박장성. He-Ne 저출력 레이저 자극이 흰쥐의 진통작용에 미치는 영향. 충남대학교 보건대학원 석사학위논문, 1996.
- 방문석, 한태륜, 이성재, 윤기성. 저출력 에너지 레이저가 손상된 말초신경의 신경전도 회복에 미치는 효과. 대한재활의학회지, 20(4), 28-32, 1996.
- 백선용, 양만석, 문용석. 흰쥐에서 말초신경 손상 후 뒤 뿌리신경절세포의 신경영양성인자와 그 수용체의 발현 양상. 대한해부학회지, 32(2), 1999.
- 이명화. 트레드밀 운동이 좌골신경 손상된 흰쥐의 가자미근과 내측 비복근에 미치는 영향. 고려대학교 대학원, 석사학위논문, 2000.
- 최은석, 강세윤. 흰쥐에서 절단 손상된 좌골신경에 투여된 chlorpromazine과 nimodipine의 신경 재생 효과. 가톨릭대학 의학부논문집, 49, 757-777, 1996.
- Abergel R. P., Lyons R. F., Castel J. C. Biostimulation of wound healing by lasers experimental approaches in animal modelssoreness. Med Sci Sports Exerc, 54, 429-435. and in fibroblast cultures. J Dermatol Surg Oncol, 18(2), 127-133, 1987.
- Baxter G. Laser acupuncture analgesia : An overview. Acupunct Med, 6, 57-60, 1989.
- Baxter G. D. Low-intensity laser therapy for pain relief. In : Therapeutic lasers, theory and practice. London, Churchill Living stone Co, 165-166, 1994b.
- Cheen J. W., Liow Y. C. Effects of low level carbon dioxide laser irradiation on biomedical metabolism of rabbit mandibular bone callus. Laser Ther, 1(2), 83-87, 1989.
- Clamann H. P. Motor unit and the gradation of motor force. Phys Ther, 73, 830, 1993.
- Dorfman L. J. Quantitative clinical electrophysiology in the evaluation of nerve injury and regeneration. Muscle & Nerve. 13, 822-828, 1990.
- Evans G. R. D., Brandt K., Windmer M. S. In vivo evaluation of poly(L-lactic acid) porous conduits for peripheral nerve regeneration. Biomater, 20, 1109-1115, 1999.
- Ide C., Kato S. Peripheral nerve regeneration. Neurosci Res, 13, 157-164, 1990.
- Ide C., Tohyama K., Yokota R., Nitayori T., Onda S. Schwann cell basal lamina and nerve regeneration. Brain Res, 288, 61-75, 1983.
- Irintchev A., Carmody J., Wernig A. Effects on recovery of soleus and extensor digitorum longus muscles of prolonged wheel running during a period of repeated nerve damage. Neurosci, 44(2), 515-519, 1991.
- Kana J. S., Hutchenreiter G., Haina D., Weidelich W. Effect of low-power density laser radiation on healing of open skin wounds in rats. Arch Surg, 116, 293-296, 1981.
- King C. E., Clelland J. A., Knowles C. J. Effect of

- helium-neon laser auriculotherapy on experimental pain threshold. *Phys Ther*, 70, 24-30, 1990.
- Kitchen S., Partridge C. J. A review of low level laser therapy. *Phys ther*, 77, 161-168, 1991.
- Lee M. M., Badache A., Devries G. H. Phosphorylation of CREB in axon-induced schwann cell proliferation. *J Neurosci Res*, 55, 702-712, 1999.
- Lyons R. F., Abergel R. P., White R. A., Dwyer R. M., Castel J. C., Uito J. Biostimulation of wound healing in vivo by He-Ne laser. *Ann. Plast Surg*, 18, 47-50, 1987.
- Markku J. J., Sakari A. E., Erkki O. V. Effect of the position immobilization upon the tensile properties of the rat gastrocnemius muscle. *Arch Phys Med Rehabil*, 73, 253, 1992.
- Markler Snyder L., Barry A., Perkins A. Effects of helium-neon laser on skin resistance and pain patients with trigger point in neck or back. *Phys Ther*, 69(5), 336-345, 1989.
- Martini R., Schachner M. Immunoelectron microscopic localization of neural cell adhesion molecules (L1, NCAM, and myelin-associated glycoprotein) in regenerating adult mouse sciatic nerve. *J Cell Bio*, 106, 1735-1746, 1988.
- Mester E., Mester A. F., Mester A. The biomedical effects of laser application. *J Clin Laser Med surg*, 5, 31-39, 1985.
- Midamba E. D., Haanase H. R. Low reactive-level 830nm GaAlAs diode laser therapy (LLLT) successfully accelerates regeneration of peripheral nerve in human. *Laser Ther*, 5, 125-129, 1993.
- Mirsky R., Jessen K. R. Neurobiology of schwann cells. *Brain Path*, 9, 293-311, 1999.
- Nakamura Y., Shimizu H., Nishijima C. Delayed functional recovery by vincristine after sciatic nerve crush injury : A mouse model of vincristine neurotoxicity. *Neurosci Lett*, 304, 5-8, 2001.
- Nosaka k., Skamoto k., Nwtwon M., Sacco P. How long coes the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last. *Medi Sci. Sports Exercise*, Nov, 1490-1495, 2000.
- Osawa T., Tohyama K., Ide C. Allogenic nerve grafts in the rat, with special reference to the role of schwann cell basal lamina in nerve regeneration. *J Neurocytol*, 19, 833-849, 1990.
- Ossowska K., Lorenc-Koci E., Schulze G., Wolfarth S. The influence of dizocilpine on the reserpine-enhanced electromyographic stretch reflex in rat. *Neurosci Lett*, 203, 73-76, 1996.
- Ramer M. S., French G. D., Bisby M. A. Wallerian degeneration is required for both neuropathic pain and sympathetic sprouting into the DRG. *Pain*, 72, 71-78, 1997.
- Rochkind S., Nissan M., Alon M. Effects of laser irradiation on the spinal cord for the regeneration crushed peripheral nerve in rats. *J Clin Laser Med surg*, 28, 216-219, 2001.
- Rochkind S., Nissan M., Barr-Nea L., Razon N., Schwarz M., Batal A. Response of peripheral nerve to He-Ne laser : Experimental study. *J Clin Laser Med surg*, 7, 441-443, 1987.
- Roy R. R., Hodgson H. A., Edgerton V. R. Training effects on soleus of cats spinal cord transected (T12-13) as adults. *Muscle & Nerve*, 21, 63-71, 1998.
- Scherer S. S., Salzer J. L. Axon-schwann cell interactions during peripheral nerve degeneration and regeneration. In : *Glial cell*

- development, basic principles and clinical relevance, Jessen KR, Richardson WD. Bio Scientific Publishers Ltd : Oxford, 165-196, 1996.
- Seckel B. R. Enhancement of peripheral nerve regeneration. *Muscle & Nerve*, 13, 85-800, 1990.
- Shibuya Y., Mizouchi A., Takeichi M., Shimada K., Ide C. Localization of N-cadherin the normal and regenerating nerve fibers of the chicken peripheral nervous system. *Neurosci*, 67, 253-261, 1995.
- Synder-Mackler L., Barry A. J., Perkins A. I. Effects of He-Ne laser irradiation on skin resistance and pain in patients with trigger points in the neck or back. *Phys Ther*, 69, 336-341, 1989.
- Townsend P. L. G., Taylor G. I. Vascularized nerve grafts using composite arterialised neuro-venous system. *Brit J Plast Surg*, 37, 1, 1984.
- Van Meeteren N. L. U., Brakkee J. H., Hamers F. P. T. Exercise training improves functional recovery and motor nerve conduction velocity after sciatic nerve crush lesion in the rat. *Arch Phys Med Rehabil*, 78, 70-77, 1997.
- Waller J. B. Relief from chronic pain by low-power laser irradiation. *Neurosci Lett*, 43, 339-344, 1983.
- Wollman Y., Rochkind S. In vitro cellular process sprouting in cortex microexplants of adult rat brains induced by low power laser irradiation. *Neurol Res*, 20, 470-472, 1998.
- Yew D. T., Zheng D. R., Au C., Li W. W. Y. Responses of astrocytes in culture after low dose laser irradiation. *Scanning Microsc*, 4, 151-159, 1990.
- Yin Q., Kemp G. J., Yu L. G. Expression of schwann cell-specific proteins and low-molecular-weight neurofilament protein during regeneration of sciatic nerve treated with neurotrophin-4. *Neurosci*, 150(3), 779-783, 2001.
- Zakariasen KL., Dederich D. N. Lasers in dentistry. "Star wars" Dreaming or a future reality? *J Dent Res*, 54, 27-31, 1988.

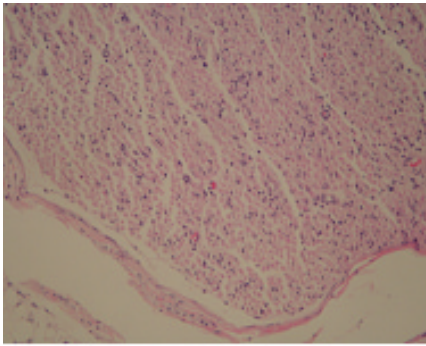


Figure. 2 (H&E stain, × 200)  
normal group

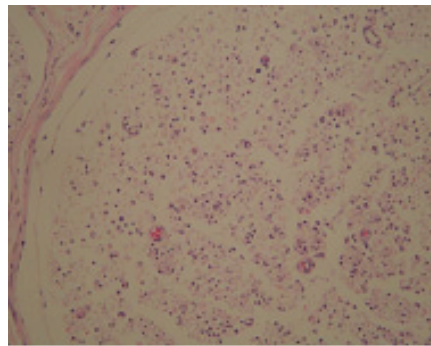


Figure. 3 (H&E stain, × 200)  
sciatic nerve injured group

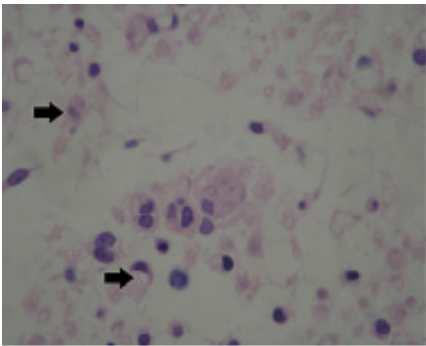


Figure. 4 (H&E stain, × 1000)  
sciatic nerve injured group

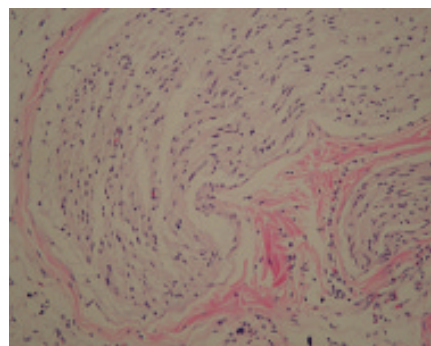


Figure. 5 (H&E stain, × 200)  
exercise group

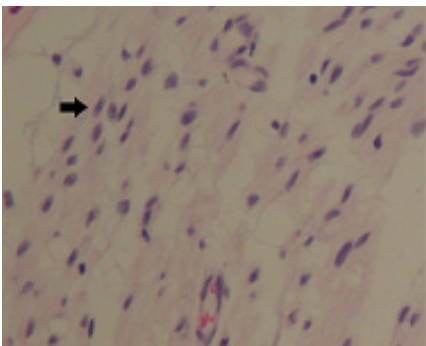


Figure. 6 (H&E stain, × 1000)  
exercise group

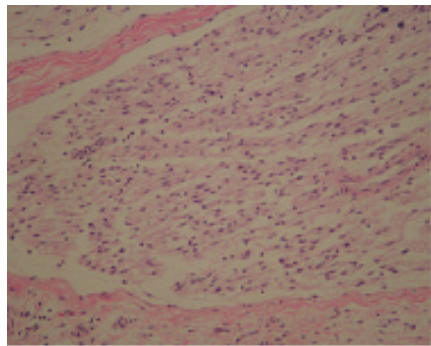


Figure. 7 (H&E stain, × 200)  
laser group

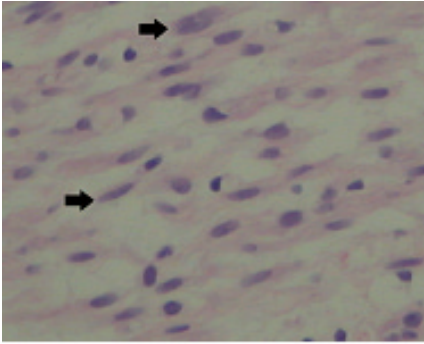


Figure. 8 (H&E stain,  $\times 1000$ )  
laser group

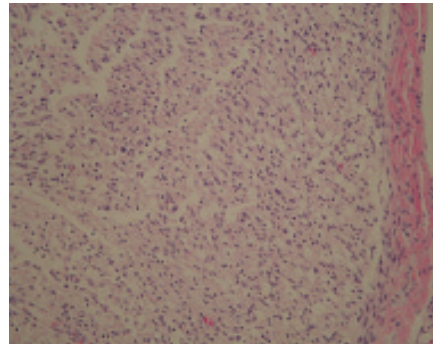


Figure. 9 (H&E stain,  $\times 200$ )  
exercise and laser group

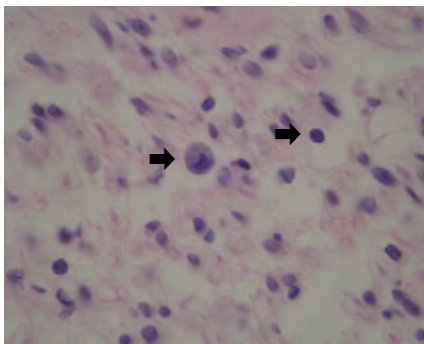


Figure. 10 (H&E stain,  $\times 1000$ )  
exercise and laser group