

Effects of the He-Ne IR Laser Irradiation and Neuromuscular Electrical Stimulation on the Change of the Serum Biochemical Components in the Experimentally Induced Muscle Injured Rats

Jong-Soon Kim^{1,†}, Min-Hee Rho¹ and Jae-Young Kim²

¹Department of Physical Therapy, ²Department of Clinical Laboratory Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea

Low power laser and neuromuscular electrical stimulation have been utilized in many clinical applications for the treatment of musculoskeletal lesion. This study was to investigate the effects of low power He-Ne IR laser and neuromuscular electrical stimulation on the change of the serum biochemical components in experimentally induced muscle injured rats. The twenty Sprague-Dawley male rats were randomly assigned to the 4 groups: the normal group (n=5), the control group (n=5), the low power laser irradiation group (LLI) (n=5) and the neuromuscular electrical stimulation group (NMES) (n=5). The experimentally induced muscle injury was induced by the subcutaneous injection of a 0.1 ml Freund's Complete Adjuvant into the right hind paw and calf muscles in control, LLI and NMES groups. The LLI group was irradiated with He-Ne IR laser for 5 minutes every day during 10 days. Also, the NMES group was electrically stimulated 15 minutes every day during 10 days. The normal and control groups were not received with any therapeutic intervention. The authors performed tests which were the concentration of the serum biochemical components to detect the effects of therapeutic interventions. The results were as follows: 1. The level of the aspartate aminotransferase (AST) was significantly decreased in the LLI and NMES groups compare to the control group. 2. The level of the serum lactate dehydrogenase (LDH) was significantly decreased in the LLI and NMES groups compare to the control group. 3. The level of the serum creatine kinase (CK) was significantly decreased in the LLI and NMES groups compare to the control group. From the results, we could come to the conclusion that low power laser and neuromuscular electrical stimulation could be accelerating healing processes of skeletal muscle injury and further clinical work will be required.

Key Words: Low power laser, Neuromuscular electrical stimulation, Serum biochemical components, Experimentally induced muscle injury

서 론

여러 원인으로 야기되는 골격근 손상은 임상에서 흔히 접하게 되는 문제로서 통증 제어, 근 위축의 예방 그리고 기능 증진 등의 목적을 가지고 원인만큼이나 다양한 치료들이 시행되고 있다. 이러한 골격근 손상 치료 방법은 크게 약물, 수술 그리고 보존적 치료법들로 대별할 수 있는데 보존적 치료법에는 흔히 물리 치료가 적용되며 물

리 치료로는 전기 치료, 광선 및 온열 치료 그리고 도수 치료 등이 있다.

근 기능을 개선시키기 위한 전기치료에는 탈신경근 전기자극과 정상신경지배근의 전기자극이 있으며, 정상신경지배근 전기자극을 일반적으로 신경근 전기자극 (neuromuscular electrical stimulation)이라 한다 (Petrofsky et al., 2004). 신경근 전기자극은 정상 근육뿐만 아니라 병리적 원인에 의해 기능이 저하된 근육의 기능 향상을 위해 사용되는데 골격근에 전기자극을 적용할 경우 혈관신생 촉진 및 모세 혈관의 증가 (Kaplan et al., 2002), 근 위축의 예방 (Brown et al., 2001), 근력 증가 (Synder-Mackler et al., 1994), 산소소모량 증가 (Valli et al., 2002), 근 단백질 감소 예방 (Gibson et al., 1988), 근섬유의 형태 변화 (Alley and Thompson, 1997), 신경근 연결부의 운동단위

*논문 접수: 2007년 7월 25일

수정재접수: 2007년 9월 13일

†교신저자: 김종순, (우) 609-757 부산시 금정구 부곡3동 9번지, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Tel: 051-510-0573, Fax: 051-510-0578

e-mail: ptjskim@cup.ac.kr

증가 (Petersen et al., 2002; Vanderthommen et al., 2002), 관절의 안정성 증가 및 관절 구조의 미세 염증 감소 (Dekker et al., 1992) 그리고 근 경직의 완화 (Schecker et al., 1999) 등에 효과를 보이는 것으로 알려져 있다.

골격근 손상의 물리 치료로서 임상에서 흔히 적용되는 광선 치료로는 레이저 치료가 있으며 의료용 레이저는 출력강도에 따라 크게 고출력 레이저와 저출력 레이저로 구분할 수 있고 매질의 종류에 따라 기체 레이저, 고체 레이저, 액체 레이저로 나눌 수도 있다. 이중 물리 치료에는 세포에 침투하여 세포조직을 자극하거나 활성화하여 세포의 기능을 바꿔줌으로써 치료에 이용하는 저출력 레이저가 사용된다. 레이저의 골격근 조사 효과는 근막통 치료 (Beckermann et al., 1992), 통증 감소 (Walsh, 1997), 골격근의 재생 (Amaral et al., 2001; Buliakova et al., 2000; Shefer et al., 2001; Zubkova et al., 2002) 등이 있으며 그 외 중추 신경 세포의 증식 (Wollman and Rochkind, 1998), 말초신경의 재생 촉진 (Rochkind et al., 2001; Rochkind et al., 1992; Shamir et al., 2001), 위성 세포 (satellite cell)의 증식 (Ben-Dov et al., 1999), 류마티스 관절염 (Goldman et al., 1980), 재발성 단순 포진 (Schindl and Neumann, 1999), 골병변의 회복 촉진 (Trelles and Mayayo, 1987), 상처 치유 촉진 (Stadler et al., 2001) 그리고 관절 연골의 손상 치유 (O'Driscoll, 1998) 등이 보고되어 오고 있다.

그러나 골격근 손상에 따른 이들 치료법의 효과에 관한 혈청 생화학 요소 변화 및 면역 기능 변화에 대한 연구는 미진한 상태이다. 이에 본 연구의 저자들은 실험적 근육 손상 후 치유 활성화에 관여할 것으로 생각되는 생화학 요소의 혈청 내 변화 및 면역 기능의 변화를 알아보려 본 연구를 시도하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

본 연구는 2007년 5월 7일~17일 까지 부산가톨릭대학교 동물 실험실에서 체중이 약 200 ± 20 g인 7~8주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 20마리를 사용하여 실시하였다. 실험 환경은 온도 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 50~60%를 유지하고 자동 타이머를 부착하여 1일 12시간의 광주기와 12시간의 암주기를 적용하였으며 물과 사료를 제한 없이 충분히 공급하고 실험동물은 정상군 5마리, 대조군 5마리, 신경근 전기자극이군 5마리 그리고 저출력 레이저군 5마리로 무작위 배치하였다.

2. 실험동물의 제작

실험동물의 제작을 위해 본 연구의 저자들은 Freund's Complete Adjuvant (이하 FCA) 용액을 이용하였는데 FCA는 formalin, carageenin, mustard oil 등과 같은 염증 유발 물질에 비해 주입 부위에 한정되어 발적, 부종, 통각과민 등의 염증 반응이 유발되는 특징을 가지는 것으로 알려져 있다 (Cheong et al., 2003). 이러한 FCA의 특징이 근육 손상의 특징과 유사한 것으로 사료되어 본 연구에서 FCA를 이용한 실험적 근육 손상 동물 모델을 사용하게 되었다. 본 연구에서는 대조군, 신경근 전기자극이군, 저출력 레이저군으로 무작위 배치된 흰쥐에게 FCA 용액을 생리식염수에 1:1로 희석하여 오른쪽 후지 하퇴 삼두근에 0.1 ml 1차 피하 주사하였으며 3일 후 다시 오른쪽 후지 발바닥에 0.1 ml를 2차 피하 주사하여 근육 손상을 유발하였다.

3. 저출력 레이저 조사

본 연구에서는 외상성 근육 손상의 치료에 He-Ne 레이저를 조사하여 그 효과를 보고한 Buliakova와 Azarova (2006a, b)의 연구를 근거로 He-Ne 레이저 (파장 632.8 nm, 출력 20 mW (6 J/cm^2))와 IR (파장 830 Hz, 출력 20 mW \times 4)이 동시에 장착된 저출력 레이저 (LASOTRONIC MED 1000, Lasotonic AG, Switzerland)를 이용하여 저출력 레이저 조사를 실시하였다. 실험동물은 치료 적용시 움직이지 못하도록 고정 틀에 고정한 후 FCA 주사 부위인 발목 관절에서 슬와부 쪽 1.5 cm 상방 하퇴 삼두근의 근복부에 수직으로 15 cm 거리에서 각각 5분 동안 10일간 매일 점조하였다.

4. 신경근 전기자극

본 연구에서는 실험적 근육통을 유발한 흰쥐에 전기자극을 가하여 효과를 보고한 Chae (2002)의 연구를 참고하여 신경근 전기자극기 (Electroacupuncture Unit ES-160, Japan)를 이용, 신경근 전기자극을 실시하였다. 신경근 전기자극시 실험동물이 움직이지 못하도록 고정 틀에 고정한 후 FCA 주사 부위인 발목 관절에서 슬와부 쪽 1 cm 및 1.5 cm 상방 하퇴 삼두근 근복부에 침 전극을 피하 자입하여 100 Hz, 15 μs 로 15분 동안 10일간 매일 전기자극 하였다.

Table 1. The activities of the AST, γ -GTP and ALT in the serum after intervention of He-Ne IR laser and neuromuscular electrical stimulation for 10 days

Group	Normal	Control	Laser	NMES	F	P
AST	99.39±5.34 ^a	195.68±7.33 ^b	161.65±6.19 ^c	144.54±15.41 ^c	89.581	.000
γ -GTP	1.14±0.51	5.29±2.19	6.58±1.00	5.95±0.78	1.602	.228
ALT	42.29±5.20	47.72±4.47	39.90±5.36	48.10±5.96	2.952	.064

Mean ± SD (IU/L)

The values (a, b and c) within a column with different superscripts letter are significantly different each other group at $P < .05$

5. 시료 채취 및 분석

본 연구에서는 저출력 레이저와 신경근 전기자극의 근 손상에 대한 치유 효과를 검증하기 위해 간장, 장기 그리고 근 손상의 지표로 알려져 있는 Aspartate aminotransferase, Gamma-Glutamyl Transpeptidase 그리고 Alanine aminotransferase와 근 손상의 지표인 Lactate dehydrogenase와 Creatine Kinase 및 골격 손상 지표인 Alkaline phosphatase와 Calcium 그리고 근 손상 이후 면역계의 변화를 관찰하기 위해 Immunoglobulin G의 활성 변화 정도를 알아보고자 하였다. 따라서 모든 실험동물은 저출력 레이저 및 신경근 전기자극 10일 후 12시간 동안 절식을 한 다음 ethyl ether로 전신 마취를 하여 해부판에 고정한다 음, 흉부를 절개하여 심장 내에서 직접 시료를 채취하였다. 채혈된 혈액은 실온에서 30분간 방치한 후 3000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 즉시 각 성분 분석에서 사용하였다. 혈청 내 생화학적 요소의 활성도 및 Immunoglobulin G (IgG)는 혈액 생화학자동분석기 (Humalyzer 900 S, Germany)를 사용하여 분석하였다.

6. 성적 검정

본 연구를 통해 수집된 자료는 부호화 한 후 유의수준 α 를 0.05로 하여 SPSS Window 14.0 프로그램을 사용하여 분석하였다. 각 그룹 간 변인의 차이를 비교하기 위하여 one-way ANOVA를 실시하였으며 사후 분석은 Scheffe의 다중비교분석을 실시하였다.

결 과

1. Aspartate aminotransferase (AST), Gamma-Glutamyl Transpeptidase (γ -GTP), Alanine aminotransferase (ALT) 활성도 비교

실험 종료 후 AST, γ -GTP 그리고 ALT의 활성도를 각 군간 비교한 결과 AST가 유의한 차이를 보여 이를 사후 분석한 결과 레이저군과 신경근 전기자극군이 대조군과

유의한 차이를 보였으나 레이저군과 신경근 전기자극군 간에는 차이가 없었다. 그리고 이들 두 군이 정상군과도 차이를 보였으나 두 군 모두 대조군 보다는 낮은 수치를 보였으며 이들 중에서 특히 신경근 전기자극군의 AST 수치가 정상군 쪽으로 낮아졌다. 그러나 γ -GTP 및 ALT는 각 군간 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 1).

2. Lactate dehydrogenase (LDH), Creatine Kinase (CK) 활성도 비교

실험 종료 후 LDH와 CK의 활성도를 각 군간 비교한 결과 LDH의 경우 유의한 차이를 보여 이를 사후 분석한 결과 대조군, 레이저군 그리고 신경근 전기자극군이 정상군과 유의한 차이를 보였으나 대조군, 레이저군 그리고 신경근 전기자극군 간에는 차이가 없었다. 그러나 레이저군과 신경근 전기자극군이 대조군 보다는 낮은 수치를 보였다.

CK도 유의한 차이를 보여 이를 사후 분석한 결과 레이저군과 신경근 전기자극군이 대조군과 유의한 차이를 보였으나 레이저군과 신경근 전기자극군 간에는 차이가 없었다. 그리고 이들 두 군은 정상군과도 차이를 보였으나 두 군 모두 대조군에 비해 낮은 수치를 보였으며 이들 중에서 특히 레이저군의 CK의 수치가 정상군 쪽으로 낮아졌다 (Table 2).

3. Alkaline phosphatase (ALP), Calcium (Ca) 활성도 비교

실험 종료 후 ALP와 Ca의 활성도를 각 군간 비교한 결과 ALP와 Ca은 각 군간 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 3).

4. Immunoglobulin G (IgG) 활성도 비교

실험 종료 후 IgG의 활성도를 각 군간 비교한 결과 각 군간 유의한 차이를 보여 이를 사후 분석한 결과 정상군, 대조군 그리고 레이저군이 신경근 전기자극군과 유의한 차이를 보였으며 정상군, 대조군 그리고 레이저군 간에

Table 2. The activities of the LDH and CK in the serum after intervention of He-Ne IR laser and neuromuscular electrical stimulation for 10 days

Group	Normal	Control	Laser	NMES	F	P
LDH	275.45±29.18 ^a	1292.63±232.90 ^b	1028.15±330.05 ^b	1031.85±319.18 ^b	14.487	.000
CK	1152.26±114.42 ^a	3420.30±291.12 ^b	2201.44±375.95 ^c	2631.77±589.45 ^c	30.47	.000

Mean ± SD (IU/L)

The values (a, b and c) within a column with different superscripts letter are significantly different each other group at $P < .05$

Table 3. The activities of the ALP and calcium in the serum after intervention of He-Ne IR laser and neuromuscular electrical stimulation for 10 days

Group	Normal	Control	Laser	NMES	F	P
ALP	577.94±96.66	618.48±107.35	706.28±106.05	677.31±29.72	2.020	.152
Ca	7.45±0.63	7.51±0.46	7.11±0.70	7.33±0.51	0.446	.724

Serum ALP: Mean ± SD (IU/L), Serum Ca: Mean ± SD (mg/dL)

Table 4. The activities of the immunoglobulin G in the serum after intervention of He-Ne IR laser and neuromuscular electrical stimulation for 10 days

Group	Normal	Control	Laser	NMES	F	P
IgG	114.81±5.13 ^a	149.80±12.06 ^a	127.89±9.17 ^a	222.11±44.62 ^b	20.390	.000

Mean ± SD (mg/dL×10²)

The values (a and b) within a column with different superscripts letter are significantly different each other group at $P < .05$

는 차이가 없었다. 그러나 레이저군이 대조군에 비해 정상군에 가까운 낮은 수치를 보였다 (Table 4).

고 찰

인간에 있어 움직임은 인간다운 삶의 가장 근원적이고 생명을 영위하는 기본적인 방식일 것이다. 이러한 움직임을 발생시키는 인체 구조는 해부·생리학적으로 인체 심부와 천부에 무수히 분포하는 감각기관과 이를 중추로 전달하는 전도 통로, 들어온 정보를 해석하고 명령을 내리는 중추신경계 그리고 중추로부터의 명령을 수행하는 효과기, 즉 골격근을 이야기할 수 있을 것이다. 그러므로 인간의 움직임에 있어 골격근의 활동은 하루에도 그 회수를 가늠하기 어려울 만큼 무수히 발생하게 된다. 따라서 이러한 골격근의 손상은 인간의 일상생활이나 스포츠 활동 그리고 직업 수행 활동에서 언제, 어느 곳에든 발생할 가능성을 내재하고 있다고 할 수 있을 것이다. 골격근 손상 이후 적절한 치료의 결여는 손상 후 이차적인 문제를 야기하게 되는데 이러한 골격근 손상 치유에는 여러 가지 물리 치료 중재가 적용되며 이러한 물리 치료 중재에는 손상 후 근육의 사용 결여로 인한 무용성 위축을 예방하고 통증을 감소시키기 위한 신경근 전기자극이나 저출력 레이저 등이 흔히 사용되고 있다. 그러나 근

육 손상의 회복 정도를 생화학적인 방법으로 분석한 연구는 극히 부족한 실정이다. 이에 본 연구의 저자들은 실험적으로 근육 손상을 유발하여 이들 물리 치료 중재 효과를 혈청내 생화학 요소 분석을 통해 알아보고자 시도하였다.

AST, γ -GTP 그리고 ALT의 측정은 잠재성 간 장애의 검사, 급성간염의 조기 진단 등 주로 간 질환의 진단 지표가 되는 효소로서 많은 양이 간에 존재하나 심장과 근육 역시 상당한 양의 상기 효소들을 가지고 있으며 이러한 기관들에 이상이 생길 때 두드러지게 증가하는 현상을 보이는 것으로 알려져 있다 (Korenes et al., 2001). 즉, 이들 효소들은 간 질환과 근육 퇴화나 변성 그리고 운동과 관계가 있으며 혈청에서 발견할 수 있는 AST는 그 양이 매우 적으므로 근 손상을 암시하는 효소로 인식되고 있다. 본 연구에서는 Table 1과 같이 AST의 수치가 레이저군과 신경근 전기자극군에서 대조군 보다 유의하게 낮게 나타났는데 이를 백분율로 보면 17.30~26.13%에 이른다. 이는 저출력 레이저 조사나 신경근 전기자극이 골격근의 회복에 의미 있는 영향을 미치는 것으로 사료된다. 하지만 γ -GTP나 ALT는 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났는데 이는 AST가 심장, 간, 골격근, 신장순으로 많이 분포하는 반면 γ -GTP나 ALT는 간 그리고 신장에 많은 양이 존재하는 효소이므로 그 활성 변

화 정도가 미약했을 것으로 사료된다.

LDH는 막의 산화적 손상이나 조직상해로 인해 혈중으로 방출되는 것으로 그 손상의 간접적인 지표로 이용된다 (Sacheck and Blumberg, 2001). 즉, LDH는 대부분의 조직에 함유되어 있으며 이러한 조직이 파괴될 때 혈액중으로 나와 혈청 LDH가 되며 신장조직, 간, 심장, 골격근 그리고 적혈구의 손상이 있을 때 확실히 증가하는 것으로 알려져 있다 (Roalstad, 1989). 특히 LDH는 부신피질호르몬 분비로 심근이나 골격근의 효소 활성화, 글리코겐 고갈로 인한 근 세포막의 손상 파괴 그리고 체액과 땀의 배설로 인한 혈장량 감소 등 여러 생리적 변화로 혈중에서 활성도가 증가하는 것으로 결국 세포막의 구조적인 파괴를 시사한다 (Childs et al., 2001).

본 연구에서는 Table 2와 같이 LDH가 대조군, 레이저군 그리고 신경근 전기자극이군 모두 정상군 보다 유의하게 증가한 것으로 나타났으며 이들 차이를 백분율로 분석할 경우 273.81~369.81%까지 증가한 것으로 나타나 골격근 세포의 손상이 발생하였음을 보여 주고 있다. 그러나 대조군에 비해 레이저군과 신경근 전기자극이군 수치가 낮게 나타났는데 이를 백분율로 볼 경우 20.2~20.5%의 차이를 보여 레이저군과 신경근 전기자극이군 대조군의 자발적인 회복보다는 골격근 손상의 치유를 촉진시키는 것으로 여겨진다.

근육의 변성이나 이상을 평가하는 방법은 일반적으로 근육의 조직학적 변화 소견을 통해 알아보게 되는데 (Redenbach and Bressler, 1988) 보다 간편한 방법은 혈중 CK의 함량 변화를 관찰하는 것으로 근육의 괴사나 이상이 있을 경우 혈중 CK의 수치는 유의하게 증가하는 것으로 알려져 있다 (Nakaya et al., 1993). 본 연구에서 CK는 Table 2에서와 같이 대조군에 비해 레이저군과 신경근 전기자극이군이 유의하게 감소한 소견을 보였으며 이를 백분율로 분석할 경우 레이저군과 신경근 전기자극이군 정상군에 비해 91.02~128.40%의 증가에 그친 반면 대조군은 196.83%의 증가를 보여 이들 치료 방법이 손상 근육 회복에 의미 있는 결과를 보인 것을 알 수 있었다. 그리고 신경근 전기자극이군에 비해 레이저군이 37.38% 낮은 수치를 보였는데 이는 신경근 전기자극 적용시 침 전극을 근육내로 피하 자입하여 근세포막의 손상을 유발시킨 결과로 여겨진다.

상기 LDH와 CK 활성화 결과는 저출력 레이저의 경우 상처 치유에 저출력 레이저의 회복을 보고한 선행 연구들 (Basford et al., 1986; Nussbaum et al., 1994)과 레이저가

근막통 등에 실질적인 효과가 있는 것으로 나타났다고 보고한 Beckermann 등 (1992)의 연구 그리고 레이저 조사가 손상된 실험동물 골격근 재생에 효과적이었다는 Buliakova 등 (2000)과 Zubkova 등 (2002)의 연구 및 Amaral 등 (2001)의 연구와 같은 결과로 여겨지며 이러한 저출력 레이저의 손상 근육 회복 기전은 레이저 조사가 항염증작용, 부종 감소, 혈관재생, 섬유조직의 형성 감소를 통해 결합조직 세포의 성장을 자극하여 (Kert and Rose, 1989) 이루어진 것으로 사료된다. 그리고 신경근 전기자극의 경우 실험동물에 전기자극을 가한 경우 가자미근의 근 무게 증가와 근 수축력의 향상이 있었다는 Canon 등 (1990)의 연구 그리고 무용성 위축을 유발한 가토에서 전기자극을 가하지 않은 군에서 근육의 횡단면적은 26%, 근육 무게는 19% 감소되었다고 보고한 Qin 등 (1997)의 연구와 같은 결과로 사료되며 이러한 결과는 선행 연구들 (Joplin et al., 1987; Gibson et al., 1988)의 제안대로 신경근 전기자극이 골격근의 유전자 전사를 증가시키고 단백질 합성 능력을 증가시킨 결과로 사료된다.

조골세포의 정도를 나타내는 지표인 ALP는 membrane-bounded metalloenzyme으로 가수분해와 세포 내로의 물질 이동에 관여하는데 골 질환이 있을 경우 증가하는 것으로 알려져 있다 (Moss, 1982). 실험동물 제작을 위해 본 연구에서 사용된 FCA는 골다공증 (osteoporosis)을 유발하는 것으로 알려져 있어 (Baumgarther et al., 1974) 면역병리의 연구와 새로운 비스테로이드 항염증 소염제와 항류마티오이드 약물의 선별법에 수년간 사용되어 오고 있다 (Binderup, 1983). 본 연구에서 ALP를 정상군과 비교한 결과 모든 군간 차이가 없는 것으로 나타났으며 골 대사의 또 다른 지표인 Ca의 수치도 정상군과 별다른 차이를 보이지 않아 FCA의 투여가 골 질환을 유발하지는 않은 것을 알 수 있었다. 그러나 Kim 등 (2002)과 Takagi 등 (1997)은 FCA로 골다공증 유발 동물 모델 제작을 보고하여 본 연구와는 차이를 보였는데 이는 대조군을 비롯한 레이저군 그리고 신경근 전기자극군의 혈청 ALP 및 Ca 분석이 FCA 주사 후 10일이 경과한 다음 이루어져 의미 있는 변화를 보이지 못한 것으로 사료되므로 차후 FCA를 이용한 유사 실험에서 이를 보다 심도있게 분석해 볼 필요가 있는 것으로 여겨진다.

Ig는 이종 물질의 자극에 의해서 생체 세포가 생성하는 혈청 단백질로서 자극한 항원과 특이적으로 반응하는 물질로 면역의 중심 역할을 하는데 포유동물에는 5종류의 Ig가 존재하며 이들의 기본 구조와 기능은 유사하

나 크기, 특성, 특수 기능은 서로 상이한 것으로 알려져 있다. 즉, Ig는 병원체가 인체 내부로 유입되는 것을 막거나 항원-항체 복합체 (antigen-antibody complexes)를 형성하여 박테리아나 바이러스가 조직에 결합할 수 없게 하거나 불활성화 시켜 대식세포에 의해서 쉽게 제거될 수 있도록 도와주는 역할을 하는데 (Marieb, 1998) 이들 중 IgG 농도 증가는 근래에 감염 또는 항원에 노출된 것을 의미한다. 본 연구에서 혈청 IgG의 농도는 Table 4와 같이 정상군, 대조군 그리고 레이저군은 유의한 차이를 보이지 않았으나 신경근 전기자극군과 이들 세 군 간에는 차이를 보였다. 이러한 결과는 대조군의 경우 자발적 회복이 일어난 결과로 보이며 대조군에 비해 신경근 전기자극군의 IgG의 활성화 정도가 높은 것은 전기자극의 적용을 위한 침 전극의 피하 자입이 IgG의 활성화 정도를 높인 것으로 사료된다. 하지만 대조군과 레이저군의 IgG의 활성화 정도를 비교해 보면 대조군이 정상군에 비해 30.47% 증가한 반면 레이저군은 11.39% 증가하여 레이저군이 정상군에 가까운 활성화 정도를 보여 저출력 레이저 자극이 근육 손상의 회복에 보다 유의한 효과를 보이는 것으로 사료된다.

결 론

실험적 근육 손상에 저출력 레이저와 신경근 전기자극을 가한 후 혈청 생화학 요소 분석을 통해 이들 증재 방법의 효과를 알아본 결과 저출력 레이저 조사와 신경근 전기자극이 AST, LDH, CK 그리고 IgG 활성화도 면에서 유의한 차이를 보였다. 이는 저출력 레이저 조사와 신경근 전기자극이 근육 손상의 회복 정도를 촉진하는 소견으로 판단되나 대조군과의 비교에서 명백한 차이가 다소 미흡하므로 차후, 보다 광범위하고 심도 있는 연구가 지속적으로 전개되어 이들 치료 증재법의 효과를 보다 다각적인 차원에서 분석하는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

Alley KA, Thompson LV. Influence of simulated bed rest and intermittent weight bearing on single skeletal muscle fiber function in aged rats. Arch Phys Med Rehabil. 1997. 78: 19-25.

Amaral AC, Parizotto NA, Salvini TF. Dose-dependency of low-

energy HeNe laser effect in regeneration of skeletal muscle in mice. Lasers Med Sci. 2001. 16: 44-51.

Basford JR, Hallman HO, Sheffield CG, Mackey GL. Comparison of cold-quartz ultraviolet, low-energy laser, and occlusion in wound healing in a swine model. Arch Phys Med Rehabil. 1986. 67: 151-154.

Baumgartner WA, Beck FW, Lorber A, Pearson CM, Whitehouse MW. Adjuvant disease in rats: biochemical criteria for distinguishing several phases of inflammation and arthritis. Proc Soc Exp Biol Med. 1974. 145: 625-630.

Beckerman H, de Bie RA, Bouter LM, De Cuyper HJ, Oostendorp RA. The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: a criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. Phys Ther. 1992. 72: 483-491.

Ben-Dov N, Shefer G, Irintchev A, Wernig A, Oron U, Halevy O. Low-energy laser irradiation affects satellite cell proliferation and differentiation in vitro. Biochim Biophys Acta. 1999. 1448: 372-380.

Binderup L. Decreased T-suppressor cell activity in rats with adjuvant arthritis. Ann Rheum Dis. 1983. 42: 693-698.

Brown MD, Jeal S, Bryant J, Gamble J. Modifications of microvascular filtration capacity in human limbs by training and electrical stimulation. Acta Physiol Scand. 2001. 173: 359-368.

Buliakova NV, Azarova VS. Structure peculiarities of muscle regenerates and state of thymus under He-Ne laser therapy in different periods after muscle trauma. Izv Akad Nauk Ser Biol. 2006a. 6: 667-679.

Bulyakova NV, Azarova VS. Regeneration of skeletal muscles and state of thymus in gamma-irradiated rats under laser therapy of the area of muscle trauma. Minim Invasive Ther Allied Technol. 2006b. 15: 277-285.

Buliakova NV, Zubkova SM, Azarova VS, Mikhaïlik LV, Varakina NI. Experimental study of the effect of pulsed infrared laser radiation on skeletal muscle regeneration after mechanical trauma. Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult. 2000. 6: 8-11.

Canon F, Goubel F, Guezennec CY. Effects of chronic low frequency stimulation on contractile and elastic properties of hindlimb suspended rat soleus muscle. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1998. 77: 118-124.

Chae YW. The effects of TENS and cold on secondary hyperalgesia produced by muscle pain. 2002. Unpublished Doctoral Dissertation. Taegu university. Taegu, Korea.

Chekanov V, Rayel R, Krum D, Alwan I, Hare J, Bajwa T, Akhtar M. Electrical stimulation promotes angiogenesis in a rabbit

- hind-limb ischemia model. *Vasc Endovascular Surg.* 2002. 36: 357-366.
- Cheong MA, Kim HN, Jun JH, Kim KH, Suh JK, Hwang JH, Park PH, Key WY. The effect of α_2 adrenergic agonists and norepinephrine on mechanical allodynia by Freund's Complete Adjuvant induced inflammation in rats. *Korean J Anesthesiol.* 2003. 45: 123-132.
- Childs A, Jacobs C, Kaminski T, Halliwell B, Leeuwenburgh C. Supplementation with vitamin C and N-acetyl-cysteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise. *Free Radic Biol Med.* 2001. 31: 745-753.
- Dekker J, Tola P, Aufderkampe G, Winckers M. Negative affect, pain and disability in osteoarthritis patients: the mediating role of muscle weakness. *Behav Res Ther.* 1993. 31: 203-206.
- Gibson JN, Smith K, Rennie MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical stimulation: maintenance of protein synthesis. *Lancet* 1988. 2: 767-770.
- Goldman JA, Chiapella J, Casey H, Bass N, Graham J, McClatchey W, Dronavalli RV, Brown R, Bennett WJ, Miller SB, Wilson CH, Pearson B, Haun C, Persinski L, Huey H, Muckerheide M. Laser therapy of rheumatoid arthritis. *Lasers Surg Med.* 1980. 1: 93-101.
- Joplin RE, Franchi LL, Salmons S. Changes in the size and synthetic activity of nuclear populations in chronically stimulated rabbit skeletal muscle. *J Anat.* 1987. 155: 39-50.
- Kaplan RE, Czyrny JJ, Fung TS, Unsworth JD, Hirsh J. Electrical foot stimulation and implications for the prevention of venous thromboembolic disease. *Thromb Haemost.* 2002. 88: 200-204.
- Kert J, Rose L. *Clinical laser therapy: Low level laser therapy* (1st ed). 1989. pp.29, 160. Scand Med Laser Technol. Copenhagen, Scandinavia.
- Kim JY, Kang SS, Kim SS, Choi SH, Bae CS. Effect of $1\alpha,25$ dihydroxy-vitamin D3 on bone resorption in complete Freund's adjuvant-induced osteoporotic rats. *J Vet Clin.* 2002. 19: 342-349.
- Korones DN, Brown MR, Palis J. "Liver function tests" are not always tests of liver function. *Am J Hematol.* 200. 66: 46-48.
- Merieb EN. *Human anatomy & Physiology*(4th ed). California. Benjamin Cummings Publishing Co. pp. 723-725. 1998.
- Moss DW. Alkaline phosphatase isoenzymes. *Clin Chem.* 1982. 28: 2007-2016.
- Nakaya M, Kosugi K, Takeuchi S. Relationship between hind-limb muscle atrophy and serum enzymes in tail suspended rats. *Physiologist* 1993. 36: S149-150.
- Nussbaum EL, Biemann I, Mustard B. Comparison of ultrasound/ultraviolet-C and laser for treatment of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. *Phys Ther.* 1994. 74: 812-823.
- O'Driscoll SW. The healing and regeneration of articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am.* 1998. 80: 1795-1812.
- Petersen NT, Taylor JL, Gandevia SC. The effect of electrical stimulation of the corticospinal tract on motor units of the human biceps brachii. *J Physiol.* 2002. 544: 277-284.
- Petrofsky JS, Laymon M. The effect of previous weight training and concurrent weight training on endurance for functional electrical stimulation cycle ergometry. *Eur J Appl Physiol.* 2004. 91: 392-398.
- Qin L, Appell HJ, Chan KM, Maffulli N. Electrical stimulation prevents immobilization atrophy in skeletal muscle of rabbits. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997. 78: 512-517.
- Redenbach DM, Bressler BH. Alterations in contractile properties of extensor digitorum longus muscle from C57BL/6J mice following denervation at 1 day of age. *Exp Neurol.* 1988. 100: 542-555.
- Roalstad MS. Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. *Med Sci Sports Exerc.* 1989. 21: S200-204.
- Rochkind S, Nissan M, Alon M, Shamir M, Salame K. Effects of laser irradiation on the spinal cord for the regeneration of crushed peripheral nerve in rats. *Lasers Surg Med.* 2001. 28: 216-219.
- Rochkind S, Ouaknine GE. New trend in neuroscience: low-power laser effect on peripheral and central nervous system (basic science, preclinical and clinical studies). *Neurol Res.* 1992. 14: 2-11.
- Sacheck JM, Blumberg JB. Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition* 2001. 17: 809-814.
- Shamir MH, Rochkind S, Sandbank J, Alon M. Double-blind randomized study evaluating regeneration of the rat transected sciatic nerve after suturing and postoperative low-power laser treatment. *J Reconstr Microsurg.* 2001. 17: 133-137.
- Scheker LR, Chesher SP, Ramirez S. Neuromuscular electrical stimulation and dynamic bracing as a treatment for upper-extremity spasticity in children with cerebral palsy. *J Hand Surg Br.* 1999. 24: 226-232.
- Schindl A, Neumann R. Low-intensity laser therapy is an effective treatment for recurrent herpes simplex infection. Results from a randomized double-blind placebo-controlled study. *J Invest Dermatol.* 1999. 113: 221-223.
- Shefer G, Oron U, Irintchev A, Wernig A, Halevy O. Skeletal

- muscle cell activation by low-energy laser irradiation: a role for the MAPK/ERK pathway. *J Cell Physiol.* 2001. 187: 73-80.
- Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka SW, Bailey SL. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther.* 1994. 74: 901-907.
- Stadler I, Lanzafame RJ, Evans R, Narayan V, Dailey B, Buehner N, Naim JO. 830-nm irradiation increases the wound tensile strength in a diabetic murine model. *Lasers Surg Med.* 2001. 28: 220-226.
- Takagi T, Tsao PW, Totsuka R, Suzuki T, Murata T, Takata I. Changes in bone mineral density in rat adjuvant arthritis. *Clin Immunol Immunopathol.* 1997. 84: 166-170.
- Trelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low-power laser. *Lasers Surg Med.* 1987. 7: 36-45.
- Vanderthommen M, Depresseux JC, Dauchat L, Degueudre C, Croisier JL, Crielaard JM. Blood flow variation in human muscle during electrically stimulated exercise bouts. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002. 83: 936-941.
- Valli P, Boldrini L, Bianchedi D, Brizzi G, Miserochi G. Effect of low intensity electrical stimulation on quadriceps muscle voluntary maximal strength. *J Sports Med Phys Fitness.* 2002. 42: 425-430.
- Walsh LJ. The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 2. Hard tissue applications. *Aust Dent J.* 1997. 42: 302-306.
- Wollman Y, Rochkind S. In vitro cellular processes sprouting in cortex microexplants of adult rat brains induced by low power laser irradiation. *Neurol Res.* 1998. 20: 470-472.
- Zubkova SM, Buliakova NV, Mikhaïlik LV, Varakina NI, Azarova VS. Histogenetic, metabolic, and immunologic aspects of the effect of infrared laser radiation on injured skeletal muscles from irradiated and nonirradiated rats. *Radiats Biol Radioecol.* 2002. 42: 315-321.
-