

# 초음파와 수영이 신경근 손상 흰쥐의 혈청 CK 활성 변화에 미치는 영향

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료 전공

김 은 영

대구대학교 재활과학과 물리치료학과

배 성 수

## The Effects of the Ultrasound and Swimming on the Changes of Serum Creatine Kinase Activities in the Nerve and Muscle Injured Rats.

**Kim, Eun-Young, P.T., M.S.**

*Major in Physical Therapy, Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University*

**Bae, Sung-Soo, P.T., Ph.D.**

*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University*

### <Abstract>

This studies to investigate the effects of ultrasound and swimming on the changes of the serum creatine kinase, lactate dehydrogenase, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, in peripheral nerve and muscle injury rats. The forty Sprague-Dawley adult male rats were assigned to the 4 groups: the experimental groups(3), and the peripheral nerve and muscle injury control group(1).

There was made artificial injured by ischial nerve and muscle of each rats the each experimental ultrasound group and swimming group were treated from 3 days after being injured for the 5 minutes and 10 minutes every day during the 10 days and 16 days respectively.

The results were as follows:

1. The activities of creatine kinase, lactate dehydrogenase were significantly decreased on of the ultrasound and swimming groups for 10 days. All experimental group were significantly decreased for 16 days. there were significantly decreased the swimming group and ultrasound group were to the 10 days group.

2. The activities of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase on the ultrasound group were significantly increased to the injured control group, there were significantly decreased the ultrasound group for 16 days group were to the 10 days group and there were significantly increased the swimming group for 16 days group

were to the 10 days group.

3. The activities of alkaline phosphatase changes were no difference all experimental groups, there were significantly increased for 16 days group to the 10 days group.

From these results it may be concluded that the effects of the ultrasound and swimming, the changes of the serum activities creatine kinase , lactate dehydrogenase of(; the objective indicates) to the muscle regeneration process of the nerve and muscle injured rats.

## I. 서 론

골격근의 지배신경을 차단하면 근육세포가 퇴행성 변화를 일으켜, 이른바 근위축이 야기되며, 다시 신경이 재생하여 신경근육 연결을 이루면 근세포는 정상상태에서와 같이 발육한다. 그러나 신경이 차단된 채로 오래 지속되면 근육은 퇴화하고 그 자리가 결합조직으로 채워진다(Smith 외, 2002; Chen Shao-Rui 외, 2001).

골격근의 재생은 연속재생의 경우 대식세포가 손상 받은 부위로 이주하여 파괴된 세포 조각을 처리하고, 3~4일 후에 살아 남아 있는 양쪽의 근육세포 분절에서 핵과 함께 끝이 기저판을 따라 자라 나와 서로 연결된다. 즉 골격근세포가 손상을 받은 후 재생되기까지는 2주 정도가 소요된다(Brickson 외 2001; 정진웅, 1999)고 하며, 세포의 증식과 함께 최종적으로 반흔을 남기고 치유된다.(김식현, 1996).

Best 등(2000)은 근육의 손상을 일으키는 원인은 외상이나 종양 등 다양하지만 재생과정은 근육 발생과정을 거친다고 하였다. 즉 근육이 손상되면 근형질막과 기저막 사이에 위치한 위성세포가 근모세포로 분화되고, 근모세포들은 융합되어 근관을 형성하고 이에 성숙한 근섬유로 재생된다고 하였다. 근육재생 속도를 촉진시키는 여러 가지 방법들이 이용되고 새롭게 연구 개발되고 있으며, 레이저나 전자파를 이용하는 치료방법 등도 연구되고 있다(이현욱, 1998). 손상된 근육에 대한 운동효과는 빠른 근력 회복, 관절 가동범위 제한의 최소화, 부종과 근육통 감소, 혈중 내 단백질 증가, 미세구조 정상화 등의 연구 보고가 있다(Nosaka 외, 2000; Clakson, 1992; Foley, 1999; Mchugh, 1999). 동물실험에서 근위축과 구축을 유도하기 위하여 신경의 절단, 석고 고정 및 관절핀 고정(Hauschka 외, 1998; Templeton 외, 1988)등에 관한 연구 등이 있었다. Corrinna 등(2000)은 치유의 초기 단계에서 스테로이드의 사용은 성장인자의 혈청농도를 낮추어 섬유조직형성, 모세혈관 증식과 교원질 합성을 억제하여 상처 치유에 손상을 준다는 보고가 있다.

좌골신경에 손상을 준 흰쥐에 수영을 각 매일 30분과 2시간씩 2주 동안 적용한 결과 가자미근의 수축력이 증가하였다고 보고하였으며, Irintchev 등(1991)은 런닝-휠을 이용한 지구력 운동이 축삭 절단으로 손상된 가자미근의 무게를 36% 증가시켰으므로써 위축을 방지한 반면 속근인 장지신근은 16%의 무게감소가 나타나 반대의 효과를 보고하였다. 좌골신경 압박 손상 후 신경전달 속도와 기능적 회복이 훈련 후 증가되었다고(Van Meeteren, 1997)하였으

며, 근위축의 예방을 위한 또 다른 선행연구에서는 장기간 낮은 강도로 트레드밀에서 달리기를 하게 하거나(Desplanches et al. 1987; Graham 외, 1989; Thomson 외, 1987) 근육을 피동적으로 신전 시키는 방법이 위축을 최소화시키는데 유익하다고 제시하였다.

Van Heeferen 등(1997)은 좌골신경이 압좌 손상된 흰쥐에 스트레칭 운동을 적용한 결과 운동, 감각 기능의 회복이 촉진되었다고 보고하였다. Ernest 등(1988)은 수영은 무산소성 해당과정과 유산소성 당 분해 작용을 통해 에너지를 공급하게 된다고 하였다. 수영이 신경손상 후 가자미근의 위축을 방지하고 근비대를 유발하는지에 대해서는 연구자에 따라 견해의 차이가 있다. 연관된 운동은 몇몇 아미노산의 혈청 농도를 감소(Blomstrand 외, 1988; Henriksson, 1991), 근육과 간의 글리코겐 함유율을 감소시키는 결과를 초래한다는 보고가 있다(Coyle, 1991).

초음파는 활용할 수 있는 고 에너지를 교원질이 잘 흡수 하도록하고 상처치유를 위해 혈류를 통한 영양 공급을 촉진한다. 특히 병적 대사산물을 제거하기 위해 림프순환을 촉진시킨다(권원안, 2000; Harle, 2001; Ito, 2000). 초음파 치료효과에 대한 연구는 대식세포활동 촉진과 백혈구 등의 촉진(Maxwell, 1994), 조직온도 상승효과(고현윤, 1993), 세포막의 투과성 증가(Prentice, 1994), 아킬레스건의 장력증가 효과(Enwemeka, 1989)가 있다고 한다.

효소는 인체에서 화학반응을 원활하게 하는 촉매작용을 한다. 혈청효소는 근세포에서 일어나는 대사작용을 알 수 있는 지표라고 하였으며, Ohemon 등(1982)은 혈청 젖산 탈수소 효소(Lactate dehydrogenase: LDH), 크레아틴키나아제(Creatine Kinase: CK)는 장시간의 신체운동에 의해 활성이 증가함으로써 신체 및 근세포의 손상정도를 나타내는 자료로 활용할 수 있을 뿐 아니라 신체의 단련정도에 따라 다른 양상을 보이고 있다고 하였다.

혈중 근육효소 활성은 운동시 가해지는 스트레스를 평가할 수 있는 유용한 지표가 되며, 그 대표적인 효소로는 CK, LDH, 아스파테이트아미노 트란스페라제(Asparatate aminotransferase: AST)등이 제안된다(Galun 등, 1988). Ebbeling 등(1989)은 혈청 CK 분비의 증가는 근육조직 손상을 간접적 증거라고 말하고 있으며(Ebbeling, 1989; Amstron, 1990), 생체조직내 CK 활성은 골격근이 최고이며, 혈청 CK 활성의 측정은 원발성 근질환의 진단이나 그 보인자의 검출, 심근, 심근경색의 진단에 중요하다(金正泉, 1991)고 하였다.

Newham 등(1986)은 근육생검을 이용하여 초미세구조 (ultrastructure)의 손상이나 미세구조병변(microlesion)이 발생하는 것을 확인하거나, 혈액분석을 이용하여 근 효소(muscle enzyme)인 혈청 CK 분비의 변화(Clarkson, 1986; Newham, 1986; Friden, 1989)을 관찰하였다. LDH활성도는 운동수행에 따른 에너지 대사의 활성화에 따른 운동능력 측정이 자료로서 또는 근조직 손상의 지표로서 활용가능성에 따라 분류되었다(Lee, 1997).

AST는 인체의 전 조직에 분포하는데 주로 심근, 간, 골격근에 많다. 체내의 여러 장기에 분포하고 있으나 그 중에 심장, 간, 골격근, 신장의 순으로 많다. 생체 내에서의 역할은 TCA 싸이클에 있어서 대사산물과 아미노산과의 사이에서 아미노기 전이를 조절하는 것이며 간 질환이나 근 질환 시 증가하게 된다(김정천, 1991; 이귀녕, 1998).

혈청효소 알라닌아미노트란스페라제(Alanine aminotransferase: ALT) 심장이나 골격근에도 존재하고 있으나 그 비율은 적다. 일반적으로 신장에서 일탈은 대단히 드문 일이므로 혈청

ALT의 상승은 간장에서 이탈된 것이다(현송자, 1990).

혈청효소 알칼리포스파타제(Alakaline phosphatase: ALP)는 신체 각 조직에 존재하며, 주로 유기산, monophosphate ester을 가수분해하는 효소이다. 막을 통한 인산 수송에 관여하고 혈청 중 골 질환이나 간, 담도 질환 등에서 증가하게 된다(이귀녕, 1998; 김재영, 1994).

본 연구는 여러 저자들의 연구를 토대로 특히 임상에서는 말초 신경 손상 환자나 근육 손상 환자에 대해 각종 전기 치료 기기들의 사용이 빈번하고 여러 가지 형태의 운동이 적용되고 있으나 그 치료 방법에 따른, 손상근육에 대한 치유 효과에 관련된 연구는 부족하다고 판단하여, 말초신경의 부분절단과 근육의 손상에 있어서 손상된 근육의 치유과정을 촉진시키는 그 효과를 조사하기 위하여, 흰쥐의 좌골신경과 대퇴이두근의 손상부위에 초음파 치료와 저 부하운동인 수영을 적용하여 근육 손상 시 치유과정에 객관적인 지표인 혈청 CK, LDH, AST, ALT, ALP의 활성 변화를 측정하여, 그 기초 자료를 얻고자 본 연구를 실시하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 재료

실험동물은 부산가톨릭대학교 동물실험실에서 키운 평균체중이  $370 \pm 17g$ 되는 성숙한 Sprague-Dawley계 40마리 숫쥐를 선별하여 5마리씩 8그룹을 사용하였다. 실험기간 중 명암은 12시간/12시간으로 조절하고 온도( $22 \pm$ 섭씨 $2$ 도)와 습도 ( $60 \pm 5\%$ )로 유지하고, 사료와 물을 자유롭게 섭취하게 하도록 한다.

### 2. 방법

실험동물은 손상대조군, 초음파군, 수영군, 초음파와 수영군을 동시에 적용한 군 등 각각 5마리씩 4군으로 구분하여, 10일군과 16일 치료군으로 분류하였다.

신경 및 근육 손상은 럼퐁 10mg/kg(주. 바이엘 코리아)의 마취제로 마취시킨 후, 모든 실험군별 쥐의 왼쪽하지 부위에 탈모제(치오클리코산)를 사용하여 털을 제거한 후 소독하여 대퇴이두근 중앙부위를 1.5-2cm정도 세로 절개하여 좌골신경을 부분적으로 절단하여 손상을 주었다. 근육과 표피의 절개 부위를 각각 미세 봉합사로 봉합한 후 외과적 처치를 하였다. 초음파 적용군은 손상 후 4일째부터 1MHz의 주파수와  $1.0W/cm^2$ 의 강도로 지름 33cm의 플라스틱 통에 수온 섭씨 22도 증류수를 50cm 채워 초음파(MEDI LINK, Green HAM, England)를 매일 5분씩 10일과 16일 간 적용하였다.

비 부하 운동으로 수영 적용은 원형 플라스틱 통에 수온 섭씨 22도 물을 채우고 매일 10분씩 10일과 16동안 각각 수영을 시켰다. 초음파와 수영의 동시적용군은 상기방법에 의해 초음파를 적용한 후 수영을 실시하였다.

### 3. 시료채취 및 분석

모든 실험동물들은 각각 초음파 치료(5분씩), 수영운동(10분)을 10일과 16일 동안 적용한 다음 12시간 동안 절식 후 ethyl ether로 마취하여 심장에서 직접 혈액을 채취 하였다. 채혈된 혈액은 실온에서 30분 후 3,000rpm에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 즉시 성분 분석에 사용하였다. 혈액 생화학 성분은 혈액 생화학 자동 분석기 (OLMPUS 5200 JAPAN)

를 이용하여 농도를 측정하였다.

#### 4. 통계처리

모든 실험결과치는 평균 및 표준편차를 산출하였고, 대조군, 10일군, 16일군 각 변인의 변화를 비교하기 위하여 자료는 SPSS/PC 10.0으로 처리하였으며 one-way ANOVA를 이용하였으며, 사후검증은 Scheffe를 이용하였다. 10일과 16일 군간의 비교를 위해서 student's t-test를 이용하였다. 이 실험 결과에 대한 유의수준은  $p < .05$ 와  $p < .01$ 로 처리하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 10일 적용 후 혈청의 변화

10일 동안 초음파 및 수영을 적용한 신경과 근육 손상쥐의 혈청내 효소 변화는 Table 1과 같다. CK의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 치료군은 유의하게 증가하였으며 ( $p < .01$ ), 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서는 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 특히 초음파 치료군에 비해 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군들에서 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). 또한 수영군에 비해 초음파와 수영 동시 적용군에서 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). LDH의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 치료군은 유의하게 증가되었으나 ( $p < .01$ ), 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서는 유의하게 감소되었다( $p < .01$ ). 특히 초음파 치료군에 비해 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군들에서 유의하게 감소하였으며( $p < .01$ ), 또한 수영군에 비해 초음파와 수영 동시 적용군에서도 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). AST의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 치료군은 유의하게 증가하였으며( $p < .01$ ), 수영군은 증가하였으나 유의성은 없었다( $p > .01$ ). 그러나 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서는 오히려 유의하게 감소되었다( $p < .01$ ). 특히 초음파 치료군에 비해 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군들에서 유의하게 감소되었다( $p < .01$ ). 또한 수영군에 비해 초음파와 수영을 동시에 적용한 군에서 유의하게 감소하였다( $p < .01$ ). ALT의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 치료군은 유의하게 증가하였고( $p < .01$ ), 수영군은 약간 증가하였으나 유의성이 없었다( $p > .01$ ). 그리고 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서도 감소하였으나 유의성은 없었다( $p > .01$ ). 초음파 치료군에 비해 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군들에서 감소하였으나 유의성이 없었다( $p > .01$ ). 또한 수영군에 비해 초음파와 수영 동시 적용군에서 증가하였으나 유의성은 없었다( $p > .01$ ). ALP의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 치료군은 약간 증가되었으나 유의성이 없었고( $p > .01$ ), 수영군은 유의하게 증가하였다( $p < .01$ ). 또한 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서는 증가되었으나 유의성이 없었다( $p > .01$ ). 특히 초음파 치료군에 비해 수영군은 유의하게 증가하였으며( $p < .01$ ), 수영과 초음파를 동시에 적용한 군들에서 감소되었으나 유의성이 없었다( $p > .01$ ). 또한 수영군에 비해 초음파와 수영 동시 적용군에서 유의하게 감소하였다( $p < .01$ )(Table. 1).

Table 1. The changes of the serum enzyme activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 days.

	CK10(U/L)	LDH10(U/L)	AST10(U/L)	ALT10(U/L)	ALP10(U/L)
CON	850.70±20.96 <sup>a</sup>	907.64±59.18 <sup>a</sup>	99.02±2.82 <sup>a</sup>	29.47±3.18 <sup>acd</sup>	171.68±9.19 <sup>a</sup>
US	1172.85±69.67 <sup>b</sup>	1294.77±42.69 <sup>b</sup>	115.22±3.47 <sup>b</sup>	34.63±1.29 <sup>bcd</sup>	178.35±14.59 <sup>ab</sup>
SW	534.59±14.48 <sup>c</sup>	460.55±19.93 <sup>c</sup>	103.05±3.18 <sup>ac</sup>	30.92±3.83 <sup>abcd</sup>	217.84±10.44 <sup>c</sup>
US+S W	324.07±6.39 <sup>d</sup>	322.99±16.30 <sup>d</sup>	89.13±2.10 <sup>d</sup>	32.49±2.63 <sup>abcd</sup>	175.34±3.27 <sup>abd</sup>

CON= control of damaged nerves and muscle. SW=swimming group, 10minutes

US=ultrasound of group, 5minutes

AST=asparatate aminotransferase,ALT= alanine aminotransferase,

LDH= lactate dehydrogenase, ALP= alkaline phosphatase,

CK= Creatine kinase

a,b,c,d values with different superscripts within the same columns are significantly different at  $p<0.01$ , all values are mean  $\pm$  SD(n=5)

## 2. 16일 적용 후 혈청의 변화

16일 동안 초음파 및 수영을 적용한 신경과 근육 손상 쥐의 혈청 내 효소 변화는 Table. 2와 같다. CK 활성은 손상 대조군에 비해서 전 실험 군들에서 유의하게 감소하였다( $p<0.01$ ). 초음파 군에 비해서는 수영군 및 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서도 유의한 감소를 보였다( $p<0.01$ ). 초음파와 수영의 동시적용군들 사이에서는 큰 차이가 없었다. LDH 활성은 손상대조군에 비해서 초음파군, 수영군 및 초음파와 수영의 동시적용군 모두에서 유의하게 감소되었다( $p<0.01$ ). 초음파 적용군에 비해 수영군과 초음파와 수영의 동시적용군에서는 유의하게 감소되었다( $p<0.01$ ). 그러나 수영군에 비해 동시적용군에서는 오히려 유의하게 증가되었다( $p<0.01$ ). AST 활성은 손상대조군에 비해 초음파군에서 약간 증가되었으나( $p<0.01$ ), 수영군과 초음파와 수영의 동시적용군들에서는 유의하게 증가되었다( $p<0.01$ ). 또한 수영군에 비해 초음파와 수영을 동시에 적용한 군에서는 유의하게 증가되었다( $p<0.01$ ). ALT 활성은 손상대조군과 초음파군에 비해 수영군과 초음파와 수영의 동시적용군에서는 유의하게 증가되었으나( $p<0.01$ ), 손상대조군에 비해 초음파 적용군에서는 오히려 감소되었다. 수영군에 비해 초음파와 수영의 동시적용군에서는 유의하게 감소되었다( $p<0.01$ ). ALP 활성은 손상대조군에 비해 초음파군에서 감소를, 수영군에서는 유의한 증가를( $p<0.01$ ), 그리고 초음파와 수영의 동시적용군에서는 감소되었다. 유의성은 나타나지 않았다( $p>0.01$ ). 초음파군에 비해서 수영군은 유의한 증가를( $p<0.01$ ), 동시적용군은 유의한 감소를 가져왔다( $p<0.01$ ). 수영군에 비해서 초음파와 수영의 동시적용군은 유의한 감소를 가져왔다( $p<0.01$ )(Table. 2).

Table 2. The changes of the serum enzyme activity on the treatment ultrasound and swimming for 16 days

	CK16(U/L)	LDH16(U/L)	AST16(U/L)	ALT16(U/L)	ALP16(U/L)
CON	653.55±44.26 <sup>a</sup>	720.04±55.09 <sup>a</sup>	80.13±6.09 <sup>a</sup>	28.32±0.81 <sup>a</sup>	227.15±14.89 <sup>a</sup>
US	495.17±4.49 <sup>b</sup>	436.65±42.57 <sup>b</sup>	82.03±4.77 <sup>ab</sup>	27.03±0.81 <sup>b</sup>	221.52±8.49 <sup>ab</sup>
SW	364.39±27.41 <sup>c</sup>	262.78±16.50 <sup>c</sup>	116.8±5.90 <sup>c</sup>	38.9±1.18 <sup>c</sup>	244.39±7.22 <sup>ac</sup>
US+SW	386.35±31.70 <sup>cd</sup>	327.83±29.82 <sup>d</sup>	150±5.61 <sup>d</sup>	32.52±2.19 <sup>d</sup>	216.08±9.13 <sup>abd</sup>

### 3. 치료기간에 따른 혈청의 변화

각 실험 기간별 집단내의 유의성을 검정해 본 결과는 Table. 3과 같다. 10일군과 16일군내에서의 혈청 CK, LDH, AST, ALP는 모두 유의성 있게 나타났다( $p < .01$ )(Table. 3) 하지만 10일군의 혈청 ALT에서는 유의성이 없었다( $p > .01$ ).

Table 3. The ANOVA table between 10 days and 16 days of Serum

	The Changes of serum activity for 10 days		The Changes of serum activity for 16 days	
	F	P.	F	P.
	CK	497.065	.000*	83.648
LDH	654.365	.000*	129.527	.000*
AST	67.455	.000*	153.606	.000*
ALT	2.970	.063	62.939	.000*
ALP	22.247	.000*	6.500	.004*

### 4. 치료방법에 따른 두 그룹간의 비교

치료기간과 치료적용 방법에 따라서 두 그룹간의 상호 연관성을 알아본 결과는 Table. 4와 같다. 각 치료방법에 따라 혈청의 변화 두 그룹에서 유의성은 다음과 같다(Table. 4).

Table 4. Comparison of Serum between 10 and 16 days

		Control		US	
		T-value	P	T-value	P
CK	10일 16일	9.743	.001*	21.796	.000*
LDH	10일 16일	4.343	.012*	38.341	.000*
AST	10일 16일	5.143	.007*	32.269	.003*
ALT	10일 16일	.940	.400	16.646	.000*
ALP	10일 16일	-5.234	.006*	-6.279	.000*

		Swimming		US + Swimming	
		T-value	P	T-value	P
CK	10일 16일	13.262	.000**	-3.544	.024*
LDH	10일 16일	18.424	.000**	-.579	.579
AST	10일 16일	-4.006	.016*	-21.006	.000**
ALT	10일 16일	-3.653	.022*	-.022	.984
ALP	10일 16일	-4.183	.014*	-9.832	.001**

\*p<.05, \*\*p<.01

1) 혈청 CK의 10일군과 16일군의 변화

CK 활성치 변화는 Table. 5와 같다. 손상대조군, 초음파군, 수영군에서는 10일에 비해 16일군에서는 유의하게 감소되었다(p<.05). 초음파와 수영 동시적용군에는 유의성 있게 오히려 증가되었다(p<.05)(Table 5).

Table 5. The changes of the serum CK activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 and 16 days

	Control	Ultrasound	Swimming	US+Swim
CK 10	850.70±20.96 <sup>a</sup>	1172.85±69.67 <sup>a</sup>	534.59±14.48 <sup>a</sup>	324.07±6.39 <sup>a</sup>
CK 16	653.55±44.26 <sup>b</sup>	495.17±4.50 <sup>b</sup>	364.39±27.41 <sup>b</sup>	386.35±31.704 <sup>b</sup>

a,b values with different superscripts within the same columns are significantly different at p<.05, all values are mean ± SD(n=5)



2) 혈청 LDH의 10일군과 16일군의 변화

LDH 활성치는 Table. 6과 같다. 손상대조군, 초음파군, 수영군 모두에서 10일에 비해 16일군에서는 유의성 있게 감소되었다( $p<.05$ ). 초음파와 수영의 동시적용군에서는 약간 증가되었으나 유의성은 없었다( $p>.05$ ) (Table 6).

Table 6. The changes of the serum LDH activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 and 16 days.

	Control	Ultrasound	Swimming	US+Swim
LDH10	907.64±59.18 <sup>a</sup>	1294.77±42.69 <sup>a</sup>	460.55±19.93 <sup>a</sup>	322.99±16.30 <sup>a</sup>
LDH16	720.04±55.09 <sup>b</sup>	436.65±42.57 <sup>b</sup>	262.78±16.50 <sup>b</sup>	327.83±29.82 <sup>a</sup>

3) 혈청 AST의 10일군과 16일군의 변화

혈청 AST 활성치는 Table. 7과 같다. 손상대조군과 초음파 적용군에서의 혈청 AST 활성 변화는 10일군에 비해 16일군에서는 각각 유의하게 감소되었으며( $p<.05$ ), 수영군과 초음파와 수영을 동시에 적용한 군들에서는 10일군에 비해 16일군에서 각각 유의하게 증가되었다( $p<.05$ )(Table. 7)

Table 7. The changes of the serum AST activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 and 16 days.

	Control	Ultrasound	Swimming	US+Swim
AST10(U/L)	99.02±2.82 <sup>a</sup>	115.22±3.47 <sup>a</sup>	103.05±3.18 <sup>a</sup>	89.13±2.10 <sup>a</sup>
AST16(U/L)	80.13±6.093 <sup>b</sup>	82.03±4.768 <sup>b</sup>	116.8±5.89 <sup>b</sup>	150±5.613 <sup>b</sup>

4) 혈청 ALT의 10일군과 16일군의 변화

혈청 ALT 활성치의 변화는 Table. 8과 같다. 손상대조군과 수영 및 초음파를 동시에 적용한 군들에서는 10일 적용군과 16일 적용군 사이에 큰 차이가 없었다. 초음파 적용군에서는 10일적용군에 비해 16일적용군에서 유의하게 감소되었으나( $p<.05$ ), 수영군에서는 10일적용군에 비해 16일 적용군에서는 유의하게 증가되었다( $p<.05$ )(Table. 8).

Table 8. The changes of the serum ALT activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 and 16 days.

	Control	Ultrasound	Swimming	US+Swim
ALT10(U/L)	29.47±3.18 <sup>a</sup>	34.63±1.29 <sup>a</sup>	30.92±3.83 <sup>a</sup>	32.49±2.63 <sup>a</sup>
ALT16(U/L)	28.32±0.81 <sup>a</sup>	27.03±0.81 <sup>b</sup>	38.9±1.82 <sup>b</sup>	32.52±2.19 <sup>a</sup>

5) 혈청 ALP의 10일군과 16일군의 변화

혈청 ALP는 10일 대조 군에 비해 16일군에는 유의하게 증가하였으며( $p < .05$ ), 초음파 군에서도 10일군에 비해서 16일군에서 유의하게 증가( $p < .05$ ), 수영 군에서도 10일군에 비해 16일군에서 유의하게 증가하였다( $p < .05$ ). 역시 초음파와 수영의 동시 적용 군에서는 유의하게 증가하였다( $p < .05$ )(Table. 9).

Table 9. The changes of the serum ALP activity on the treatment ultrasound and swimming for 10 days and 16 days.

	Control	Ultrasound	Swimming	US+Swim
ALP10	171.68±9.19 <sup>a</sup>	178.35±14.59 <sup>a</sup>	217.84±10.44 <sup>a</sup>	175.34±3.27 <sup>a</sup>
ALP16	227.15±14.89 <sup>b</sup>	221.52±8.49 <sup>b</sup>	244.39±7.23 <sup>b</sup>	216.08±9.13 <sup>b</sup>

IV. 고 찰

근조직의 손상은 기계적 장애(타박상, 열상, 염좌 등)와 직접적 손상(허혈, 지배신경의 손상)등으로 발생되며, 손상된 조직은 염증과정을 거쳐 제거된다. 제거된 근조직은 손상부위가 작은 경우는 주위조직으로 치유되나, 결합조직인 섬유조직으로 대체되어 반흔으로 남게된다(Brickson 외 2001; Huard, 2001; Engert, 1996; 권원안, 2000). 골격근에는 매우 많은 혈관이 있기 때문에 손상된 근육 내에 혈종과 국소적인 부종이 형성되어 근조직의 병적 과정과 퇴행성변화를 가져오게 된다(Desfranges, 1999; 송대현, 1999).

말초신경이 절단되면 절단된 면에서 세포 외액의  $Ca^{2+}$ 의 급격한 유입이 일어나며, 증가된 신경세포 내  $Ca^{2+}$ 은 칼슘 의존성 단백 분해 효소 및 유리기 산소의 생성을 촉진시키고(Longo 외, 1984; Muller 외, 1987) 이들이 축삭 내 미소관(microtubule)이나 신경세사(neurofilament)에 과립상 변형을 일으켜 왈러 변성을 초래한다. 사람에서 말초신경의 완전 절단 손상 후 4~5일까지도 원위부의 축삭은 흥분성을 유지하므로 이 기간동안에 손상 원위부의 신경을 자극할 경우 신경전도속도와 CMAP의 진폭은 거의 변화를 보이지 않는다고 하였다(Dorfman, 1990; 최은석, 1996).

골격근 손상 시 나타나는 근육의 형태학적 변화들은 근 다발사이를 따라 급성염증세포(acute inflammation cell)가 침윤(extravasation)되거나 포식작용이 관찰되며, 근 섬유의 모양이 둥글어지기도 한다. 또한 핵이 근 섬유의 가장자리에서 가운데로 이동해 가는 경향이 나타나고, 근관(myotube)이 관찰된다. 성숙 골격근 섬유의 손상과 괴사, 근 섬유 잔해의 대식작용, 손상된 근육에서의 혈관 재생, 근육의 전구 세포의 활성화 증식(Grounds, 1991)등이 나타난다(Channarong, 2000; Desfranges, 1999).

Van Meeteren (1998)은 좌골신경이 손상된 쥐에 수영과 트레드밀을 적용하였더니 기능적으로 회복하는 데는 효과가 없었다고 하였다. 수영은 14일 동안 지속적으로 180분 적용하고, 트레드밀은 30분 간격으로 하루에 2번씩 21일 동안 적용하였더니 오히려 회복을 지연시켰다

고 하였다는 보고가 있었으며 생화학적으로 운동 후 심장과 골격근의 활동 양상에 중요한 지표가 되는 CK는 20~30%정도 감소하였다는 보고(Steinhagen-Thiessen, 1987)와 같이 본 연구에서는 수영을 10일과 16일 적용 후 비교한 결과 10일군에서는 CK가 534.59±14.48U/L에서 16일군에서는 364.39±27.41U/L로 유의하게 감소하였으며, LDH 역시 10일군에서는 466.55±19.93U/L에서 16일군에서는 262.78±16.50U/L로 유의하게 감소하여 근육 치유에 수영이 효과가 있음을 보여주었다. 운동에 대한 호르몬의 반응은 간에서 당원신생과정과 글리코겐 분해과정을 촉진시켜 혈액으로 포도당을 방출시키고 지방조직에서 지방 분해과정을 촉진시켜 유리지방산을 혈액으로 방출시켜 근육 내에서 필요로 하는 에너지를 공급하며 (Felig, 1983; Horning, 1996; Maiorana, 2000), Viru(1994)등은 Ca<sup>2+</sup>가 스프린트(sprint), 간헐적(interval), 지속적인 달리기(continuous running)과 근력훈련(strength training)에서는 증가하였지만 지속적인 수영 후에는 감소하였다고 보고하고 있다.

선행연구에서 조직 치유 과정에서 상처 부위에 국소적인(5MHz) 초음파 치료가 효과가 있을 거라고 제시하였다. 0.05w/cm<sup>2</sup>로 5분씩 매일 적용, 0.05w/cm<sup>2</sup>로 10분씩 매일 적용, 손상 후 측정하였다. 강도와는 관계없이 동일(피하지방 온도) 조직에서의 온도 변화는 동일하게 나타났다. 대조군에 비해서 치료군이 크게 효과가 있는 것으로 나타나지 않았다. 매일 짧게 초음파를 적용하는 것이 상처 치유가 촉진된다는 것을 뒷받침해주는 데는 실패하였다 (Shamberger 외, 1981). 초음파 치료를 5분 동안 3MHz 펄스 된 0.5w/cm<sup>2</sup>로 적용하였더니 6일 후에 낮은 강도의 초음파는 위성세포 증폭에 커다란 유의한 효과를 가져다주지는 못한다고 보고하였다(Wanek, 1997).

본 연구에서는 초음파 적용 10일군에서 CK가 10일군에서는 대조군에 비해 크게 증가하였으며, LDH도 유의성 있게 증가하였다. AST와 ALT도 유의하게 감소하였으며, 초음파 16일군에서는 대조군에 비해 CK가 유의하게 감소하였으며, LDH도 유의하게 감소하여서 근육 치유에 시간이 지날수록 효과가 있음을 보여 주었다. 하지만 AST, ALT는 초음파 16일군에서 손상대조군에 비하여 증가하여 시간이 지날수록 간(liver)에는 좋지 않은 영향을 미치고 있음이라고 사료된다. 16일군에서는 AST를 제외한 혈청에서 유의하게 감소하여 초음파 치료에 효과가 있음을 알 수 있었다. 초음파 10일군에 비해서 1초음파 16일군에서는 1172.85±69.67U/L에서 495.17±4.50U/L로 유의하게 감소를 하였으며, LDH는 1294.77±42.69U/L에서 436.65±42.57U/L로 유의성 있게 감소를 나타냈다. 그리고 초음파 16일군에서 AST도 115.22±3.47U/L에서 82.03±4.77U/L로 유의하게 감소, ALT역시 34.63±1.29U/L에서 27.03±0.81U/L로 유의하게 감소를 나타내므로 시간이 지날수록 초음파의 적용이 효과가 있다고 사료되어 진다.

초음파와 운동을 동시에 적용하는 것보다는 초음파와 마사지를 많이 적용하고 있으며, 물리치료사들은 이 방법을 연부조직 손상 시 많이 사용하고 주로 통증감소와 부종감소를 목적으로 한다고 하였다. 지속적 초음파와 신장기술을 적용하였을 때 무릎 인대의 유연성의 변화를 알아보려고 가짜 초음파군에서는 8.95. (±1.72.)에서 10.00(±2.10.) 신장기술과 초음파를 함께 적용한 군에는 9.24. (±2.36)에서 10.48(±2.54.)로 대조군보다는 13.4%변화하였지만 치밀 결합조직의 유연성은 신장기술을 단독으로 적용했을 때보다 열과 신장기술을 적

용했을 때가 더 효율적인 것은 아니라는 결론을 얻었다(Zimny, 2000).

본 연구에서는 초음파와 수영을 동시에 적용 군 10일군에서는 대조 군에 비해 CK, LDH, AST는 유의하게 감소하였지만, ALT, ALP는 오히려 증가하였지만 유의성은 없었다. 이로 인해 초음파와 수영의 동시 적용은 치료에 효과가 있었음을 알 수 있다. 16일군에서는 CK와 LDH가 다른 군들에 비해 모두 유의하게 감소를 보여 수영과 초음파가 치료 효과적이었다고 볼 수 있지만, AST, ALT는 오히려 유의하게 증가하여 간, 신장, 뼈, 담낭에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그리고 초음파와 수영의 동시적용 10일군에 비해 16일군에서는 CK, AST, ALP는 유의하게 증가되어 시간이 지날수록 동시로 적용하는 치료방법에 대한 역효과가 나타났다고 사료되어 진다.

근육 손상 시 가장 흔한 생화학적 지표는 CK이다. CK는 근세포 대사에 중요한 효소이다. 건강한 근육에서 안정 시 CK는 원형질내에 포함되어 있고 혈중 농도는 낮다(Nosaka & Clarkson, 1992). 이 때문에 혈청 및 혈장 CK활성도의 증가는 근질환 또는 운동 후 근육의 좋은 지표로 사용된다(Ebbeling & Clarkson, 1989)고 하였다. 본 연구에서도 손상 대조군에 비해 수영과 초음파를 적용하였더니 CK의 감소를 보여주어 그 치료적용의 효과가 있음을 알 수 있었다.

김태열(1995)은 미세 전류 신경 근 자극 시 지연성 근육통에서 혈청 CK의 상승을 억제하는데 매우 효과적이었다는 연구 결과와 일치하였다. 과도한 운동으로 조직 및 혈액효소 활성도의 증가는 근 세포막 투과성 변화 및 근세포의 상해로 입증되고 있으나 아직까지 이에 대한 설명은 명확하게 해명되고 있지 않기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여 가장 흔히 분석되고 있는 것이 LDH와 CK이다.

급성적이고 단시간에 행해지는 운동에서 CK 활성도는 일반적으로 높아진다. 이렇게 효소 활성도(enzyme activity)가 증가하는 원인은 강한 운동에 의해 손상된 근조직의 세포막 투과성(epicyte permeability)이 증가하여 CK가 세포간질액(interstitial fluid)으로 이동하기 때문이다. Janssen 등(1998)은 혈청 CK 활성도를 측정하여 과도한 운동강도에 의한 손상예방을 위한 지침으로 활용 가능성을 보고하였다. 근육에 외상이 있는 상태에서 마사지를 적용한 군과 적용하지 않은 군의 CK를 시간대별로 비교 조사한 결과 마사지를 적용한 군이 CK 활성변화가 대조군보다 낮게 나타났다(Smith 등, 1994)는 보고도 있었다.

본 연구에서도 CK활성변화가 대조군보다 초음파 적용, 수영적용, 초음파와 수영 동시적용 군 모두에서 유의하게 감소하여 치료효과가 있었다고 사료된다. Kim-b(1996)는 초음파와 월풀을 적용했을 때 감소하며, TENS를 적용했을 때 CK 활성이 떨어졌다고 보고하고 있다.

그리고 CK 효소는 크레아틴과 ATP 사이에 인성분의 변화시키는데 가역적인 촉매작용을 하는 중요한 효소이다(Wallimann, 1992; Wyss 외, 1992; Saks 외, 1994).

혈청 LDH는 생체조직 내에서 무산소성(anaerobic)대사과정(metabolic process)중에 생기는 lactic acid(젖산)의 형성에 밀접하게 관여한다. 격심한 운동을 한 후 조직 내에 젖산이 증가하면 LDH 활성이 증가하여 젖산은 피루브산으로 환원(deoxidation)된다. 해당작용(glycolysis)에 의한 ATP 생성이 마지막 단계에서 배출되는 젖산은 심한 운동을 할 때 피로나 통증의 원인이 되기 때문에 이와 같은 LDH의 작용은 중요한 의미를 갖는다(Dixon &

Webb, 1979). 혈청 LDH는 혈액질환이나 근육질환시 상승하는 것으로 알려져 있고 비교적 격렬한 운동을 한 후 20%의 증가를 보이지만 비교적 빨리 원래의 활성치를 회복한다. 훈련을 통한 LDH 작용에 대한 연구(Ohkuwa & Miharu, 1986; Wilmore & Costill, 1988)에서 유산소 훈련을 실시함에 따라 LDH는 감소되는 반면 무산소 훈련인 부하 훈련 시에는 근육 내의 대사과정과 관련지어 LDH 활성은 크게 증가하였다는 보고가 있다(송명수, 2001). LDH는 비교적 예민하게 췌장괴사를 예측하게 해줄 뿐만 아니라 임상적으로 빠르고 간편하게 측정할 수 있어서 가치가 크지만, 급성 담석성 췌장염에서 혈청 트레스아미나아제가 LDH는 간이나 췌장에서의 급성 염증성 반응의 결과로서 초기에 상승할 수 있다. 그러므로 LDH가 근육 손상 시 증가하기 때문에 그 지표가 된다.

본 연구에서는 10일군에서는 대조군에 비해 초음파군에서 유의하게 증가를 보여 초음파의 역반응이 나타났지만 수영군과 수영과 초음파를 동시에 적용한 군에서는 유의하게 감소를 보여주어 치료 효과가 있음을 보여주었고, 16일군에서는 손상대조군에 비해 초음파와 수영 그리고 초음파와 수영동시 적용군에서는 모두 유의하게 감소를 하였다.

이정숙(2000)은 혈청 AST, ALT는 유산소 운동을 실시한 것과 경혈점을 자극한 것과 비교하여 볼 때 무리한 운동은 간장, 골격근, 위장 등의 조직에 큰 부담을 주지만 적당한 운동은 경혈점 자극과 같은 간장, 골격근, 위장 등에 도움을 주는 것을 알 수 있었고 하였다. Clarkson 등(Dressendorfer 외, 1991; Nasaka & Clakson, 1994)은 또한 운동으로 인한 근육 손상은 염증 반응을(MacIntyre 등, 1995) 일으키는 것으로 알려져 있다고 하였으며, 박인원(1999)은 근육 활동 중 근세포에서 젖산의 형성과 전환을 조절하며 심장, 근육, 간, 혈액의 염증, 괴사, 종양 등으로 세포 손상이 일어났을 때 활성도가 증가된다. 김원중(1994)은 AST는 케톤산과 아미노산간의 아미노기 전이를 촉매하는 효소로서, 심장, 간, 골격근에 대부분 존재하며 혈중에는 소량 존재하나 과도한 운동 후에는 혈중 AST의 상승이 초래된다(윤범철 외, 2001)고 하였다. AST의 동위효소(isozyme)는 세포형질(cytosol)과 미토콘드리아에 존재하고 있으나 장기 특이성은 없다. 혈청 AST와 동위 효소의 상승만으로 세포의 이상이나 병변의 정도가 크며, 혈청 AST는 근 손상을 암시하는 것으로 인식되고 있는 효소로서 심장, 간장, 골격근, 위장 등 많은 조직에 고루 분포되어 있다. 그러므로 혈청에서 발견할 수 있는 양은 매우 적다(Dale; 1990). 따라서 혈청 AST의 증가원인은 근세포의 부상이나 세포막 투과성의 항진 등에 의해 혈중에 유출된 것으로 추정되고 있다.

본 연구에서의 AST의 변화는 10일군에서는 대조군보다 수영과 초음파와 수영 동시 적용군에서도 증가하였으며, 16일군에서는 수영과 초음파가 시간이 지남에 따라 증가하여, 간 등에 좋지 않은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 10일군에 비해 16일군에서는 손상대조군에서는 감소를, 초음파군에서도 유의하게 감소, 수영군과 초음파와 수영동시 적용군에서는 유의하게 증가를 보였다. 하지만 본 연구에서는 수영 운동 시 오히려 10일군과 16일군에서 증가하였다.

김태왕(1999)은 고령자의 유산소 운동이 건강에 관련된 체력과 혈액성분에 미치는 영향을 연구한 논문에서는 수중운동을 실시한 경우 10주 이후에 ALT의 수치가 감소하였다고 하였다(이정숙, 2000; 김정환 2000).

손상 후 치료시간 동안 손상이 충분히 치료되도록 하기 위해 훈련과 적응습관을 변경해야 하며 치료사는 물리치료 프로그램을 설정할 때에 적응훈련을 소홀히 해서는 안되며, 강도의 단계, 유연성, 심호흡 지구력을 유지하기 위한 연구가 이루어져야 한다. 물리치료사는 주어진 임상 상황에서 치료 기구를 적절히 사용하기 위해서 결정을 할 때에 적응증과 금기증 (Prientice, 1994; Chad, 1999; Michlovitz, 1990; Behrens, 1996)에 대한 주의가 요구된다.

## V. 결 론

본 연구는 흰쥐의 좌골신경과 대퇴이두근을 손상시킨 후 초음파, 수영, 그리고 초음파와 수영의 동시 적용을 각 각 10일과 16일 동안 적용 후 혈청 CK, LDH, AST, ALT, ALP의 활성치 변화를 분석하였다. 초음파는 증류수를 이용하여 수중에서 하루에 5분간 1MHz, 1.0W/cm<sup>2</sup>의 강도로 적용하였고, 수영은 하루에 10분간 실시, 동시적용군은 위의 두 가지 방법으로 적용하였다. 적용 후 12시간 동안 절식 후 ethyl ether로 마취하여 심장에서 직접 혈액을 채취 한 후 혈액 생화학 성분은 혈액 생화학 자동 분석기 (OLMPUS 5200 JAPAN)를 이용하여 농도를 측정 및 분석한 결과는 다음과 같다.

1. CK, LDH의 활성치 변화는 10일군에서는 수영 적용군과 초음파와 수영의 동시적용군들에서는 유의하게 감소되었고, 16일군에서는 모든 실험군들에서 유의하게 감소되었다. 그리고 10일 적용군에 비해 16일 적용군에서는 수영과 초음파 적용군에서 유의하게 감소되었다 ( $P<0.01$ ).

2. AST, ALT의 활성치 변화는 손상대조군에 비해 초음파 적용군에서 유의하게 증가되었으며, 10일군에 비해 16일군에는 초음파군에서는 유의성 있게 감소하였고, 수영군에서는 유의하게 증가되었다( $P<0.01$ ).

3. ALP 활성치 변화는 모든 실험군들 사이에 큰 차이는 없었으며, 10일 적용군에 비해 16일 적용군에서 오히려 유의하게 증가되었다( $P<0.01$ ).

이상과 같은 결과로 미루어 볼 때 초음파와 비 부하 운동인 수영의 효과는 신경근 손상 흰쥐의 근육재생 과정에 객관적인 지표가 되는 CK, LDH의 활성도에 영향을 주는 것으로 사료된다.

## <참 고 문 헌>

- 권원안, 김식현, 전경희 :치료적 방법을 연부조직 손상단계에 따라 사용하기 위한 지침에 관한 연구, 대한물리치료학회지, 12(3), 497-507, 2000.
- 고현운, 김경수: 초음파 적용방법에 따른 조직온도변화 연구. 대한재활의학회지. 17. 76-80, 1993.
- 金井 泉, 金井 正光. (1991). 임상검사법개요. 고문사.
- 김원중, 박상규, 차광석: 운동부하에 따른 S-AST와 S-ALT에 관한 연구. 한국체

- 육학회지, 33(1), 265-274, 1994.
- 김재영: 최신임상화학 이론과 실제. 574-870, 1994.
- 김태열, 최은영, 윤희중: 미세전류신경근 자극이 Delayed Onset Muscle Soreness, 혈청 Creatine, 최대수의적 등척성 수축에 미치는 영향, 대한물리치료사 학회지, 2(3), 11-22, 1995.
- 노민희, 이현옥, 김재영, 정미영: 화상쥐의 혈액 생화학 성분변화에 미치는 저 에너지 레이저의 효과. 지산대학논문집, 17, 271-285, 1999.
- 송대현, 강세운: 21-Aminosteroid 와 Methylprednisdone이 압박 손상된 흰쥐 좌골신경의 신경재생에 미치는 영향, 대한근전도학회지, 전기진단의학회지 1(1), 105~115, 1999.
- 송명수, 김동길 팔격근 손상시 항염증제에 의한 혈액성분의 변화, 대한물리치료사협회지, 8(2), 55-61, 2001.
- 윤범철, 이재학, 함용운, 이명화, 홍혜정: 마사지 및 극초단파치료가 원심성운동으로 유발된 지연성 근육통과 근손상 지표에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 13(2), 293-303, 2001.
- 윤종관: 최대운동이 혈청 크레아틴카나아제 및 젖산 탈수초 효소에 미치는 영향, 대한스포츠의학회지, 16(2), 277-281, 1998.
- 이귀녕, 문혜란, 이은희: LAB TEST Directory. 29-31, 1998).
- 이현옥, 노민희, 노영철, 윤병재: 화상쥐의 혈구변화에 대한 저에너지 레이저의 효과, 지산대학논문집, 16, 59-74, 1998.
- 정진웅: 조직생물학 수문사, 264-267, 1998.
- Behrens, BJ., & Michlovitz SL: Physical agents: theory and practice for the physical therapist assistant, F. A Davis Company, Philadelphia, 1996.
- Best, TM., & Hunter KD: Muscle injury and repair, Phys Med Rehabil Clin N Am, 11(2), 251-266, 2000.
- Blomstrand, E., Hassmen P., Ekblom B., & newsholme., E. A.:Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise-effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. Eur. J. Appl. Physio, 63, 83-88, 1991.
- Brickson, Stacey., Hollander John., Corr, David T., LI JI, LI., Best, Thomas M.: Oxidant production and immune response after stretch injury in skeletal muscle, Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(12), 2010-2015, 2001.
- Chad, S: Therapeutic modallities second edition, Thermal agents, F. A Davis company, Philadelphia 110-169, 1999.
- Channarong, K. MD., Jacques M. MD., Patrick B. MD., & Geroge: Use of Growth Factors to Improve Muscle Healing After strain injury. Clin Orthop. 370, 272-285, 2000.
- Chen Shao-Rui, M.D., Xu Zemin M.S., Pan, Hui-Lin M.D., Ph.D: Stereospecific Effect

- of Pregabalin on Ectopic Afferent Discharges and Neuropathic Pain Induced by Sciatic Nerve Ligation in Rats, *Anesthesiology*. 95(6), 1473-1479, 2001.
- Clarkson, P. M., Nosaka & B., Braun: Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med. Sci. Sports Exerc*, 24, 512-520, 1992.
- Corinna, W. Betty H. Daniel A. Nanette S: Effects of steroids and retinoids on wound healing, *Archives of surgery*. 135, 2000.
- Coyle, E. F: carbohydrate feedings; effects on metabolism, performance and recovery. In; brouns(Ed), *Advances in Nutrition and Top sport*. In: *Medicine and Sport Science*, 32, 1-14, 1991.
- Desplanches, D. M. M., Mayet B., Sempore and R. Flondrois: Structural and functional responses to prolonged hindlimb suspension in rat muscle, 63, 558-563, 1987.
- Ebbeling, CB., & Clarkson PM: Exercise-induced muscle damage and adaptation, *Sports Med*, 7, 207-234, 1989.
- Engert, JC., Berlund EB., & Rosenthal N: Proliferation precedes differentiation in IGF-1 stimulated myogenesis. *J cell Biol*. 125, 431-440, 1996.
- Ernest, W. M: The application of energy metabolism to swimming training; *International series on sport science*. *Swimming Science*. V. 18. 209, 1988.
- Enwemeka, CS: The effects of therapeutic ultrasound on tendon healing, *Am J Phys Med Rehabil*. 68(6). 283-287, 1989.
- Felig, P: *Metabolic and endocrine disorders and exercise*. Academic press. Inc, 1983.
- Foley, J. M., R. C. Jayaraman, B. M., & Prior, J. M. Pivarnik, and R. A. Meyer. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. *J. Appl. Physiol*. 60: 26-31, 1999.
- Galun, E., Burstern, R., Tur-kaspa, I., Assia, E., & Epstein Y: Prediction of physical performance through muscle enzymes activity, *Eur, J. Appl. Physiol. Occup. Physiol*, 57(5), 597-600, 1988.
- Graham, S. C., R.R. Roy. E. O., Hauschka and V. R., & Engerton: Effects of periodic weight support on medial gastrocnemius fibers of suspend rats. *A. Appl. Physiol*, 67(3), 945-953, 1989.
- Hall, ED., & Yonkers PA: Preservation of motor nerve function during early degeneration by the 21-aminostroid antioxidant U74006F, *Brain. Res*, 513, 244-247, 1990.
- Harle, H., Salih V., Mayia. F., Knowles., JC, & Olsen I: Effects of ultrasound on the growth and function of bone and periodontal ligament cells in vitro. *Ultrasound in Med*. 27(4). 579-586, 2001.
- Hauschka, EO., Roy RR., Edgerton VR: Peridic weight support effects on rat soleus



- fibers after hindlimb suspension, *J Physiol*, 65, 1231-1237, 1988.
- Henrikson, J: Effect of exercise on amino acid concentration in skeletal muscle and plasma, *J. Exp. Biol*, 160, 149-165, 1991.
- Horing, B. V., Maier & H. Drexler: Physical training improves endothelial function in patients with chronic heart failure. *Circulation*, 93, 210-214, 1996.
- Ito, M., Azuma Y., Ohta T., and Komoriya K: Effects of ultrasound and 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> on growth factors secretion in co-cultures of osteoblasts and endothelial cells. *Ultrasound in Med*. 26(1). 161-166, 2000.
- Irintchev, A., Draguhn A., Wernig A: Reinnervation and recovery of mouse soleus muscle after long-term denervation. *Neuroscience*. 39(1). 231-243, 1991.
- MacIntyre, DI., Reid WD., & McKenzie DC: Delayed muscle soreness; the inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sport Med*, 20(10), 24-40, 1995.
- Mairana, A., G. O' Driscoll. L., Dembo et al: Effects of aerobic and resistance exercise training on vascular function in heart failure, *Am, J, Physio*, 279, H1999-H2005, 2000.
- Maxwell, L et al: The augmentation of leukocyte adhesion to endothelium by therapeutic ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 20. 383, 1994.
- McHugh, MP, Connolly RG, Eston GW, Gleim: Exercise -induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Med*. 27: 157-170, 1999.
- Michlovitz SL: Thermal agents in rehabilitation, F. A Davis Company, Philadelphia, 2, 3-17, 1990.
- Nosaka, K., Skamoto K., Newton M., & Sacco P: How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Medi. Sci. Sports & Exercise*, Nov, 1490-1495, 2000.
- Ohmon, EM, et al: Abnormal cardiac enzyme responses after strenuous. exercise. alternative diagnostic aids *Br Med J*. 285. 1523-1526, 1982.
- Ohkuwa, T., Mihara M: Plasma LDH activity and LDH isoenzymes after 400m 3,000m run in sprint long runners, *J. Sports. Medi*, 26, 362-368, 1986.
- Prentice, WE: Therapeutic modalities in sports medicine. Third, 1994.
- Smith, Mark A., M.B.B.S., F.R.A.C.S.; Muehlberger Thomas M.D., Dellon A., Lee M.D: Peripheral Nerve Compression Associated with Low-Voltage Electrical Injury without Associated Significant Cutaneous Burn, *Plastic & Reconstructive Surgery*. 109(1), 137-144, 2002.
- Swith, LL. PhD., Keating MN, MA., Holbert. D. PhD., Spratt DJ. MS. PT. ATC, McCarmon MR. MA., Smith.SS. PhD., & Israel. RG. EdD: The Effects of Athletic

- Massage on Delayed Onset Muscle Soreness, Creatine Kinase, and Neurotrophil count, A preliminary Report. JOSPT, 19(2), 93-99, 1996.
- Templeton, GH., Sweeney HL., Timson BF., Padalino M., & Dudenhoeffer GA: Changes in fiber composition, J Appl Physiol 65, 1191-1195, 1988.
- Thomason, D. B., Herrick and K. M., Baldwin: Activity influences on soleus muscle myosin during rodent hindlimb suspension. J Appl. Physio. 63,138-144, 1987.
- Van Meeteren NLU., Brakkee JH., Hamers FPT., Helder PJH., & Gispen WH: 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.
- Viru, M: Differences in effects of various training regimens on metabolism of skeletal muscles, J. Sports. Med. Phys. Fitness, 34(3), 217-227, 1994.
- Wanek, L. J., & Snow M.H: Low Dose ultrasound effects on skeletal muscle regeneration in rat tibialis anterior 366, Medicine and Science in Sports and Exercise 29(5), 63, 1997.
- Zimny, NJ: Effects of Ultrasound and stretch on knee Ligament Extensibility. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 30(6), 341-347, 2000.