

미세전류신경근자극이 Delayed Onset Muscle Soreness, 혈청 Creatine Kinase, 최대 수의적 등척성 수축에 미치는 영향

포항성모병원 물리치료실 · 원광의료원 물리치료실* · 목포전문대학 물리치료과**

김태열 · 최은영* · 윤희중**

The Effects of Microcurrent Electrical Neuromuscular Stimulation on Delayed Onset Muscle Soreness, Serum Creatine Kinase, and Maximal Voluntary Isometric Contraction : A Preliminary Report

Kim, Tae Youl, M.P.H, R.P.T., Choi, Eun Young, M.P.H, R.P.T*., Yoon, Hee Jong, MA, R.P.T**

Dept. of Physical Therapy, Pohang St. Mary's Hospital

*Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Medical Center**

*Dept. of Physical Therapy, Mokpo Junior College***

— ABSTRACT —

The purpose of this study was to test the microcurrent electrical neuromuscular stimulation on muscle soreness, serum creatine kinase levels and force deficits evident following a high-intensity eccentric exercise bout. 10 volunteer male subjects were randomly assigned to a treatment group or to a control group. Exercise consisted of high-intensity eccentric contractions of the elbow flexors. Resistance was reduced as subjects fatigued, until they reached exhaustion. Muscle soreness rating was determined using a visual analog scale. Serum creatine kinase levels were analyzed using a blood sample. Force deficits were determined by measures of maximal voluntary isometric contraction at 90° of elbow flexion on a Orthotron II dynamometer. Muscle soreness rating, serum creatine kinase levels and maximal voluntary isometric contraction were determined at the before exercise and again at 24 and 48 hours postexercise. Treatments were applied immediately following exercise. The control group subjects rested following their exercise bout. Statistical analysis showed significant increases in muscle soreness rating and significant decreases in maximal voluntary isometric contraction when the before exercise was compared with 24 and 48 hour measures($p < 0.01$). No significant effects were observed between groups in muscle soreness rating and maximal voluntary isometric contraction($p > 0.05$). Highly significant differences in serum creatine kinase levels

were found using on Analysis of variance(ANOVA) repeated measures between groups for each time cycles($p < 0.001$). This modality may have benefits when used early stage in the muscle damage.

Key words : Delayed onset muscle soreness, Microcurrent electrical neuromuscular stimulation

차 례

- I. 서 론
- II. 실험대상 및 방법
 - 1. 실험대상
 - 2. 실험방법
 - 3. 분석방법
- III. 연구성적
 - 1. Muscle Soreness Rating의 변화
 - 2. 혈청 Creatine Kinase 수준의 변화
 - 3. 최대 수의적 등척성 수축의 변화
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌

I. 서 론

대부분의 사람들은 익숙하지 않은 일이나 운동(unaccustomed work or exercise)을 한 후 2~3일이 지나면서 부터 주로 사용했던 신체 부분에 근육통을 경험하게 된다. 이렇듯 익숙하지 않은 근육의 사용으로 인한 해당 골격근에 불쾌감이나 통증이 발생하는 현상을 DOMS(delayed onset muscle soreness)라 한다¹⁾. 일반적으로 DOMS는 운동 후 8시간에서 24시간 사이에 나타나 48시간 정도에서 최대에 이르며 몇일이 지나면서 소실된다^{2,3)}. DOMS와 관련된 증상으로는 통증, 근육의 굳어짐(stiff), 축진이나 운동시 근육의 민감도 증가, 운동성(mobility) 및 신축성(flexibility)의 감소¹⁾, 근력 저하^{4~7)}, 종창(swelling)의 출현⁸⁾, 관절가동범위의 감소⁹⁾ 등이 있다.

DOMS는 근육이 긴장을 한 상태로 연장(le-

ngthening)되는 원심성 근 활동(eccentric muscle action)과 강력한 연관성을 가진다^{2, 10)}. 원심성 근 활동은 근육이 능동적 저항성 연장을 할 때 발생되는데, 구심성 근 활동(concentric muscle action)에 관련된 근섬유와 지주조직(connective tissue)에 큰 힘이 부과되는 형태의 일이나 운동 즉, 무거운 무게를 내릴 때(lowering a weight), 계단을 내려 올 때 등이 여기에 속하며, 특히 사용 할 근육이 높은 저항에 익숙하지 않을 때 DOMS는 잘 발생된다¹¹⁾. 원심성 운동은 수축성 조직(contractile tissue) 및 지주조직에 파열(disruption)이나 손상(damage)을 일으킨다^{12,13)}. 이는 근 생검(muscle biopsy)을 이용하여 한외구조(ultrastructure)의 손상이나 소병변(microlesion)이 발생하는 것을 확인하거나¹⁴⁾, 혈액분석을 이용하여 근 효소(muscle enzyme)인 혈청 creatine kinase 분비의 변화^{15~17)}, 근 세포막의 투과성 변화에 관한 하는 technetium pyrophosphate의 상승^{16, 18)} 등을 확인하여 알 수 있다.

근육의 한외구조 손상은 염증성 반응을 유발시킨다¹⁹⁾. 원심성 운동으로 인한 DOMS와 관련하여 나타나는 염증성 유사반응에는 통증^{16,20)}, 종창^{21,22)}, neutrophil의 증가²³⁾, interleukin-1_{beta}²⁴⁾, monocyte 및 lymphocyte의 축적²⁵⁾ 등이 포함된다. 또한 DOMS는 근육의 force-generating capability를 감소시킨다^{14,26~28)}. 근력손실을 가져오게 되는 원인으로는 근섬유나 근육 내 지주조직(intramuscular connective tissue)의 손상²⁹⁾, 또는 원위 근-건 접합부(distal musculotendinous junction)에 존재하는 지주조직의 손상³⁰⁾이나 근 경축(muscle spasm)의 발생³¹⁾ 등을 들 수 있다.

DOMS는 일상생활동작(daily living activity), 목적인 운동 프로그램의 수행, 재활을 위한 물리치료과정에 지장을 초래 할 수 있다. 따라서 DOMS를 감소시킬수 있는 치료양식에 대한 연구가 지난 수년간에 걸쳐 활발히 진행되어 왔다. 물리치료양식으로 운동 전·후로 신장운동(stretching exercise)을 실시하거나^{32,33)}, 냉(ice)의 적용³⁴⁾, sports massage^{35~37)} 등을 적용하는 방식이 시도되었으나 DOMS를 감소시키는 데는 성공적인 결과를 얻을 수 없었다. 국소 연고³⁸⁾, Dexamethasone³⁹⁾을 이용한 이온도입치료(iontophoresis)에서는 DOMS의 감소가 유의성 있게 나타났으며, 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation : TENS)을 적용한 연구에서 혈청 cortisol 상승에는 유의성을 보이지 않았으나 통증인지도와 관절가동범위에서 유의성을 나타냈다²⁷⁾. 최근 연구에서 HVPGS(high voltage pulsed galvanic stimulation)⁴⁰⁾, sports massage¹⁹⁾를 적용하여 muscle soreness와 혈청 creatine kinase의 유의성 있는 결과를 얻었다. 약물치료에 대한 연구에서는 NSAIDs(nonsteroid anti-inflammatory drugs) 투여에 의한 치료효과에 대하여는 서로 상반된 결과를 보고하였다^{6, 26, 41, 42)}.

근래에 들어 새로운 전기치료양식으로 대두되고 있는 미세전류신경근자극(microcurrent electrical neuromuscular stimulation ; MENS)이 DOMS에 미치는 효과에 대해 몇편의 연구가 보고되었다. 그러나 DOMS 완화를 위한 미세전류신경근자극 효과에 대하여는 연구마다 약간의 이견이 있어 논란의 대상이 되고 있다. Kulig 등⁴³⁾은 초기 연구에서 미세전류신경근자극이 DOMS 완화에 매우 효과가 있다고 하였으나, 그 후 Kulig 등⁴⁴⁾, Rapaski 등²⁸⁾ 그리고 Wolcot 등⁴⁰⁾의 추시연구에서는 일부 효과에 대하여 부정적 결과를 보고하였다. Weber 등⁴⁵⁾은 DOMS와 관련된 미세전류신경근자극의 연구에서 근력손실에 대한 연구가 미흡했다고 지적하면서 자신의 연구 결과에 의하면 massage, 미세전류신경근자극, upper body ergometry의 3

가지 물리치료양식 사이에서 근력손실의 회복에 대한 유의성 있는 변화를 발견할 수 없었다고 보고하였다.

국내에서도 미세전류신경근자극 치료에 대한 임상 활용도가 점차적으로 증가되어 가는 경향이거나 이에 대한 기초 및 임상적 연구가 매우 미진한 상태이다. 따라서 저자들은 미세전류신경근자극이 DOMS 완화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보아 향후 이에 대한 연구를 시행하는데 기초자료를 제공할 목적으로 지금까지 선행된 여러 연구에서 DOMS 완화 정도를 측정하는 지표로 이용된 항목들 중 주관적 지표로는 soreness rating 변화를, 객관적 지표인 혈액 분석으로는 혈청 creatine kinase 수준의 변화를, 운동분석으로는 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction)의 변화를 측정하였다.

II. 실험대상 및 방법

1. 실험대상

실험대상은 직장인 중에서 본 실험에 자원한 26세에서 33세까지의 건강한 남자 10명으로 하였다(Table 1). 대상자 모두 신경근육계에 이상이 없었고, 실험 시작시간 48시간전부터 실험이 끝나는 시간까지 실험에 영향을 줄 술, 약물 등의 복용을 금지시켰으며 원심성 운동 후 나

Table 1. Characteristics of subjects(N=10).

	Treatment group	Control group
Age(Yr.)		
Mean ±SD	29.80 ± 1.92	28.20 ± 2.77
Range	27 ~ 32	26 ~ 33
Weight(Kg)		
Mean ±SD	63.0 ± 3.32	64.20 ± 4.02
Range	59 ~ 68	60 ~ 70
Height(cm)		
Mean ±SD	168.40 ± 2.30	171.40 ± 5.59
Range	166 ~ 72	167 ~ 181

타나는 통증에 대한 어떠한 임의적인 치료도 하지 않도록 하였다. 대상자를 5명씩 무작위로 나누어 미세전류신경근자극을 적용한 치료군과 치료를 하지 않은 대조군으로 분류하였다.

2. 실험방법

1) 원심성 운동

대상자를 검사대에 앉게 한 후, 무게 조정이 가능한 아령을 이용하여 비우수(nondominant hand)의 주관절 굴근(elbow flexors)에 대한 일회 반복 최대부하(one-repetition maximum)를 측정하였다. 일회 반복 최대부하량이 결정되면 측정된 무게에 1/10 무게를 더하여 조정된 아령을 보조자가 운동 시작 위치인 주관절 완전 굴곡 위치까지 들어 올려주었다. 운동이 시작되면 대상자는 아무런 보조 없이 스스로 5초 동안에 주관절을 완전 신전위까지 내리게 되며, 보조자는 다시 아령을 시작 위치로 올려 놓은 후 동일한 방법으로 주관절 굴근에 피로가 생길때까지 반복하였다. 반복 회수는 10회를 1set로 하였으며 대상자가 1set를 반복하고도 근피로가 발생되지 않으면 1분간 휴식을 취한 후 다시 1set를 실시하여 근피로가 생길때까지 계속하였다. 만약 측정된 무게로 1set를 완전히 실시하기가 어려우면 측정된 무게를 감하여 다시 실시하였다.

2) 측정방법

측정은 muscle soreness rating, 채혈, 최대 수의적 등척성 수축 순으로 운동 전, 운동 후 24시간, 운동 후 48시간에 실시하였다.

Muscle soreness rating 측정은 Talag⁶⁾가 사용한 soreness rating scale을 번역하여 사용하였다(Fig. 1). 측정은 대상자가 운동측 상지(exercise arm)를 휴식 상태로 유지 할 때 느껴지는 주관절 통증강도를 soreness rating scale을 이용하여 표시하도록 하였다.

혈청 creatine kinase를 측정하기 위하여 대상자 비운동 상지(non-exercise arm)의 척측 피정맥에서 일회용 주사기를 사용하여 약 5cc 씩 채혈하였다. 채혈한 혈액을 시험관에 넣어 원심분리기로 혈청을 분리한 후 생화학자동분석기 Hitachi 7150(Hitachi Inc., Japan)을 사용하여 혈청 creatine kinase의 농도를 측정하였다.

최대 수의적 등척성 수축 측정을 위하여 Orthotron II dynamometer(Lumex Inc., Ronkonkomo, New York)를 사용하였다. 대상자를 검사대(upper body exercise table: UBXT)에 앉게 하고 운동측 상지의 주관절은 90도 굴곡, 요척관절은 회외위치에 오게 하여 상완골 외측상과와 근력계 축(dynamometer axis)이 일렬이 되도록 조정하였다. 측정은 운동속도를 0°/sec에 고정시키고 주관절의 관절운동이 억제된 상태에서 주관절 굴곡근에 최대 근수축이 일어

Soreness Rating Scale						
0	1	2	3	4	5	6
No pain	Dull Vague Ache	Slight Persistent Pain	More then Slight Pain	Painful	Very Painful	Unbearably Painful

Fig. 1. Soreness rating scale.

나도록 하였다. 측정치는 3회 반복 결과 중 가장 높은 것을 선택하였다.

3) 치료방법

치료는 미세전류신경근자극기 EMI-480S (코스믹 코퍼레이션, 서울)를 사용하였다. 대상자가 원심성 운동을 실시한 후 바로 치료대에 누운 다음 운동측 상지의 주관절 굴곡근 기시부와 정지부에 표면전극을 부착하였다. 전극은 5 × 5 cm의 크기의 금속전극을 사용하였고 전극선을 치료기의 myopulse system에 연결시켰다. EMI-480S myopulse system의 기계적 제원은 주파수는 0.5~320 Hz, 강도는 25~600 μ A, 진동폭(pulse width)은 0.3 ms, duty cycle은 50 %이다. 자극방법은 먼저 30 Hz의 주파수와 100 μ A의 강도로 10분간 적용한 후, 다시 0.5 Hz의 주파수와 100 μ A의 강도로 10분간 적용하였다.

3. 분석방법

원심성 운동 후 24시간 및 48시간에 측정된 soreness rating에 대하여는 짝비교 t 검정 (paired t-test)을, 운동 전, 운동 후 24시간 및 48시간에 측정된 혈청 creatine kinase, 최대 수의적 등척성 수축에 대하여는 ANOVA (analysis of variance)를 SPSS/PC⁺를 이용하여 분석하였다.

III. 결 과

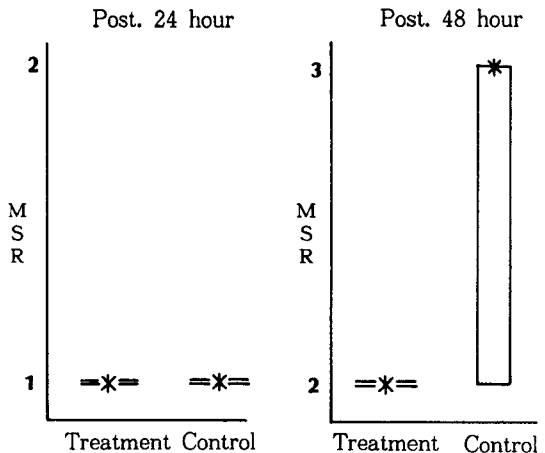
1. Muscle Soreness rating의 변화

운동 후 muscle soreness rating의 변화는 그림 2와 같다. 운동 후 24시간과 48시간에서의 측정결과는 치료군이 1.20 ± 0.45점과 2.20 ± 0.45점, 대조군이 1.20 ± 0.45점과 2.60 ± 0.55점으로 나타났다(Table 2). 측정 시간대에 따른 변화에서는 통계학적으로 높은 유의성을 보였다

($p < 0.01$), 측정 시간별 실험군간 비교는 48 시간대에서 약간의 차이를 보였으나 통계학적인 유의성은 없었다($p > 0.05$).

Table 2. Means and standard deviations(SD) for muscle soreness rating at 24 and 48 hour post-exercise(unit : score).

	Post 24 Hour	Post 48 Hour
Treatment group		
Mean	1.20	2.20
SD	0.45	0.45
Control group		
Mean	1.20	2.60
SD	0.45	0.55

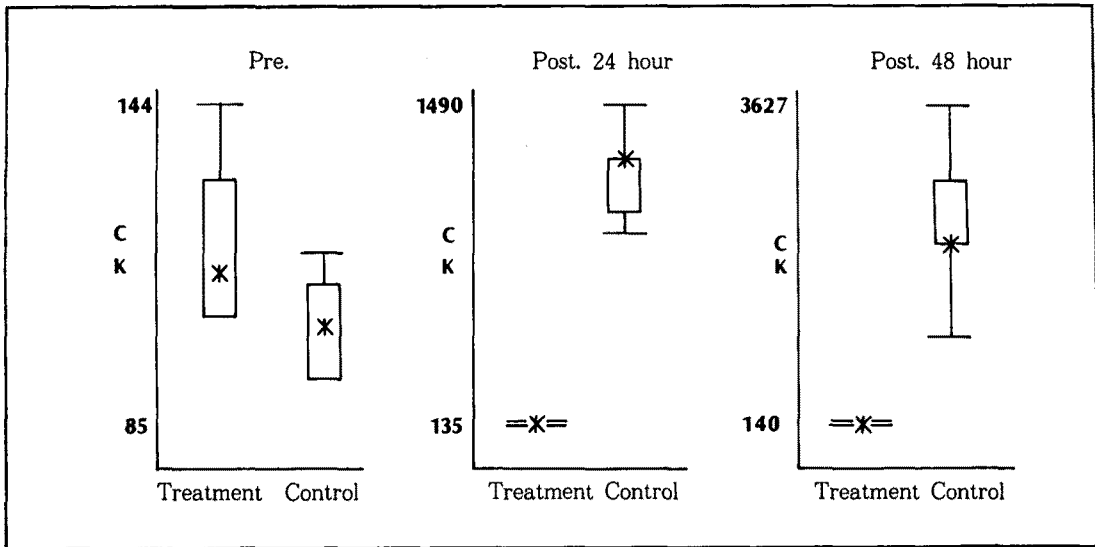


MSR = Muscle soreness rating

Fig. 2. The box-plots of muscle soreness rating for treatment and control groups.

2. 혈청 Creatine kinase 수준의 변화

운동 전, 운동 후 24시간과 48시간에 측정된 혈청 creatine kinase 수준의 변화는 그림 3과 같다. 측정결과는 치료군이 118.60 ± 22.85 IU,



CK = Creatine kinase

Fig. 3. The box-plots of serum creatine kinase for treatment and control groups.

154.60 ± 20.31 IU, 165.00 ± 20.02 IU로 나타났으며, 대조군이 109.40 ± 12.36 IU, 1,225.60 ± 198.96 IU, 2,396.40 ± 944.93 IU로 나타났다(Table 3). 측정 시간별 혈청 creatine kinase 수준의 변화는 치료군에 비하여 대조군이 운동 후 24 시간대부터 급격한 상승을 보여 실험군간 비교에서 통계학적으로 매우 높은 유의성을 보였다($f = 5.01, p = 0.000$).

3. 최대 수의적 등척성 수축의 변화

운동 전, 운동 후 24시간과 48시간에 측정된

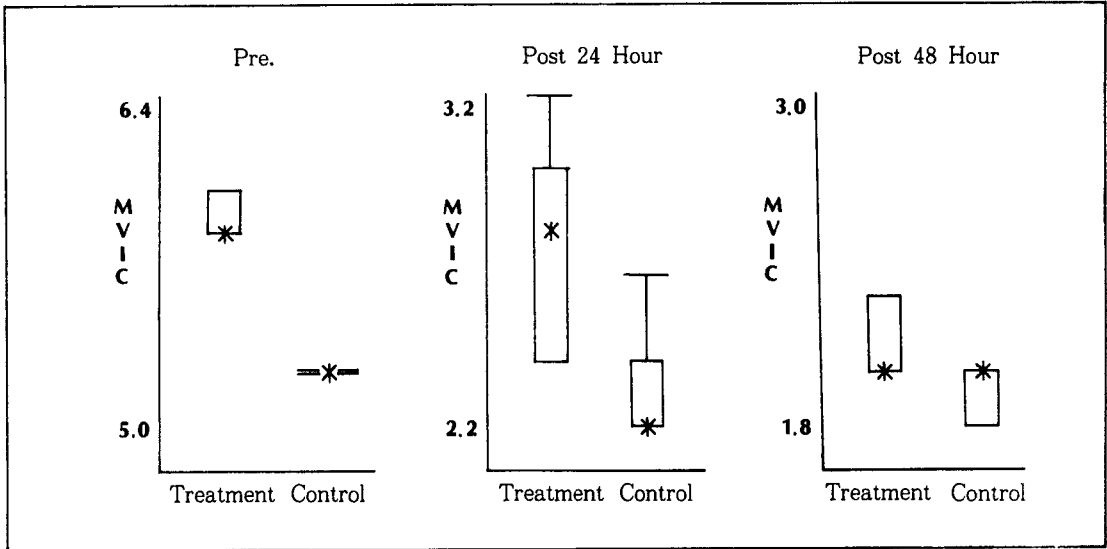
Table 3. Means and standard deviations(SD) for creatine kinase level at pre-exercise and 24, 48 hours post-exercise(unit : IU).

	Pre.	Post 24 Hour	Post 48 Hour
Treatment group			
Mean	118.60	154.60	165.00
SD	22.85	20.31	20.02
Control group			
Mean	109.40	1,225.60	2,396.40
SD	12.36	198.96	944.93

최대 수의적 등척성 수축의 변화는 그림 4와 같다. 측정결과는 치료군이 5.80 ± 0.51 Kg/cm², 2.76 ± 0.36 Kg/cm², 2.20 ± 0.47 Kg/cm²로 나타났으며, 대조군이 5.24 ± 0.22 Kg/cm², 2.32 ± 0.18 Kg/cm², 1.92 ± 0.11 Kg/cm²로 나타났다(Table 4). 측정 시간별 최대 수의적 등척성 수축의 변화는 실험군 모두 운동 후 24시간대부터 매우 낮아졌으나 실험군간 비교에서는 통계학적으로 유의성이 없었다($f = 1.95, p = 0.071$).

Table 4. Means and standard deviations(SD) for maximal voluntary isometric contraction at pre-exercise and 24, 48 hours post-exercise(unit : Kg/cm²).

	Pre.	Post 24 Hour	Post 48 Hour
Treatment group			
Mean	5.80	2.76	2.20
SD	0.51	0.36	0.47
Control group			
Mean	5.24	2.32	1.92
SD	0.22	0.18	0.11



MVIC = Maximal voluntary isometric contraction

Fig. 4. The box-plots of maximal voluntary isometric contraction for treatment and control groups.

IV. 고 찰

병리적(pathological) 변화나 근육손상이 전혀 없는 정상인이 운동과 관련하여 경험하게 되는 근육부위의 이상은 3가지 형태로 구분할 수 있으며 이들은 각기 원인, 시간에 따라 특성을 달리한다. 첫번째 형태로 운동 후 즉시, 운동 중 야기되는 근육통(muscle pain)은 지속적 또는 율동적 구심성 수축 또는 등척성 수축에 의해 발생되며 lactic acid와 같은 화학물질(chemical substance)들에 의한 자유신경종말(free nerve ending) IV형의 활성화와 관계가 있는 것으로 알려지고 있다. 두번째 형태로 운동 중 짧은 시간동안 격렬한 통증과 함께 불수의적 근수축을 일으키는 근경련(muscle cramp)은 수액(fluid) 및 전해질(electrolyte) 손실에 의한 운동신경원 과흥분성(motor neuron hyperexcitability)이 원인으로 보고되고 있다¹¹⁾. 마지막 형태로 운동 후 24시간 내지 48시간이 지나서 나타나는 DOMS는 격렬한 원심성 수축 운동이나 마라톤과 같은 격렬한 지구력 운동에 의해 야기되는데 장시간 근력상실, 관절가동범

위 감소, 혈청 creatine kinase 수준의 증가, 근생검에 의해 수축성 요소(contractile element) 손상 등이 확인된다. 그러나 DOMS 반응의 원인에 대하여는 아직도 확실하게 밝혀지지 않았고 다만 근육손상에 대한 염증성 반응의 출현으로 이해되어지고 있다.

DOMS는 대부분의 사람들이 가끔씩 경험하는 신체적 증상으로, 발생 후 7일에서 10일 정도 지나면 완전회복이 가능하므로 심각한 의상으로는 생각하지 않는다. 그러나 이로 인해 직업적 활동이나 일상생활에서의 활동, 건강증진을 위해 실시하는 운동 프로그램을 수행하는데 장애가 될 수 있으며, 특히 환자들의 재활과정에서 치료적 운동을 실시하는데 지장을 초래하기도 한다. 지금까지 DOMS 완화나 예방을 위한 물리치료양식에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 이러한 치료들이 DOMS 완화에 얼마만큼 기여하는지에 대하여는 논란의 여지가 많다. 근래에 들어 DOMS 완화를 위한 새로운 전기치료양식인 미세전류신경근자극의 적용에 대한 연구가 시도되고 있다. 초기 연구에서는 DOMS 완화에 매우 효과적인 것으로 보

고되었으나 뒤이은 여러 연구에서는 혈청 creatine kinase 수준의 변화를 제외한 muscle soreness rating과 근력회복에서는 별다른 유의성을 찾아볼 수 없다고 하였다.

지금까지 대부분의 선행연구에서는 DOMS 완화에 대한 지표(indicator)로 활용된 측정항목들이 muscle soreness rating이나 muscle stiffness rating의 변화 등의 주관적 지표와 혈액분석에 의한 혈청 creatine kinase 수준의 변화 측정에만 집중되어 왔다. 최근들어 근력손실 및 회복 정도를 파악하기 위해 최대 수의적 등척성 수축과 등속성 운동(isokinetic exercise)을 이용한 최대 우력(peak torque) 평가 등의 운동분석기법을 이용한 측정이 시도되고 있다. 그러나 지금까지는 이들 측정항목 모두를 포함한 포괄적 연구는 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 선행연구들이 주요 연구대상으로 삼았던 muscle soreness rating 및 혈청 creatine kinase 수준과 최근들어 시도되고 있는 등척성 수축을 포함하여 미세전류신경근자극이 DOMS 완화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

본 연구에서의 측정 시간별 muscle soreness rating 변화는 치료군에서 운동 전이 0점, 운동 후 24시간에서 1.20 ± 0.45 점, 48시간에서 2.20 ± 0.45 점, 대조군에서는 운동 전이 0점, 운동 후 24시간에서 1.20 ± 0.45 , 운동 후 48시간에서 2.60 ± 0.55 점으로 나타나 Talag⁴⁶⁾, Weber 등⁴⁵⁾의 보고와 같이 24시간에서 보다 48시간에서 muscle soreness rating이 더 높았다. 실험군간의 차이는 통계학적으로 유의성을 보이지 않았지만($p > 0.05$) 48시간에서 치료군이 대조군보다 약간 낮아지는 경향을 보여 Kulig 등⁴⁴⁾의 24시간에서 치료군이 2.2점, 대조군이 2.4점, 48시간에서 치료군이 4.8점, 대조군이 5.1점의 결과나 Rapaski 등²⁸⁾의 48시간에서 치료군이 3.5점과 4.0점, 대조군이 4.2점의 결과와 비슷하였다. 본 연구를 비롯한 선행연구들에서 muscle soreness rating의 변화에 큰 차이를 보이지 않는것은 측정시간을 대부분 48시간까지로 설정한데 문제점이 있는 것으로 사료되는데, Smith 등¹⁹⁾의 DOMS에 대한 sports

massage 치료효과에 대한 연구결과에 의하면 치료군은 24시간에서 최고치를 이루는 반면 대조군은 48시간에서 최고치를 이루게 되고 72시간, 96시간대로 가면서 치료군의 muscle soreness rating이 대조군에 비해 유의성있게 낮아지는 경향을 보였다. 따라서 앞으로의 연구에서는 추시시간을 더욱 늘려야 할 것으로 사료된다. 혈청 creatine kinase 수준의 운동 전, 운동 후 24시간과 48시간에서의 변화는 치료군이 118.60 ± 22.85 IU, 154.60 ± 20.31 IU, 165.00 ± 20.02 IU로 낮은 증가를 보였으나, 대조군에서는 109.40 ± 12.36 IU, $1,225.60 \pm 198.96$ IU, $2,396.40 \pm 944.93$ IU로 운동 후 24시간부터 급격한 증가를 보여 군간 비교에서 매우 높은 유의성을 나타냈다($f = 5.010$, $p = 0.000$). Kulig 등⁴⁴⁾, Rapaski 등²⁸⁾의 연구에서도 운동 전,후의 치료군과 대조군의 차이가 매우 높아 본 연구결과와 일치하였다. 원심성 운동 후 혈청 creatine kinase 분비의 증가는 근육조직 손상에 대한 간접적 증거이다^{2,3,48)}. 따라서 본 저자들은 원심성 운동 후 적용하는 미세전류신경근자극이 근육조직의 손상을 최소화 하는데 기여할 것으로 생각하는데, 선행연구에서도 Kulig 등⁴⁴⁾은 미세전류신경근자극을 근육의 염증성 과정 초기에 사용하면 매우 효과적일 것으로 보고하였다.

최대 수의적 등척성 수축의 운동 전, 운동 후 24시간과 48시간에서의 변화는 치료군에서 5.80 ± 0.51 Kg/cm², 2.76 ± 0.36 Kg/cm², 2.20 ± 0.47 Kg/cm², 대조군에서 5.24 ± 0.22 Kg/cm², 2.32 ± 0.18 Kg/cm², 1.92 ± 0.11 Kg/cm²으로 나타나 시간에 따른 최대 수의적 등척성 수축의 감소는 실험군 모두 현저하게 감소되었으나, 실험군간 비교에서는 통계학적인 유의성이 없었다($f = 1.955$, $p = 0.071$). Weber 등⁴⁵⁾의 연구에서도 시간에 따른 감소는 현저하였으나 다른 실험군간 비교에서는 유의성이 없었다. 측정시간에 따른 근력 손실에 대한 Newham 등⁴⁸⁾, Talag⁴⁶⁾, Weber 등⁴⁵⁾의 연구에서는 24시간에서 최저치를 나타내고 48시간에서는 약간 증가되는 것으로 보고하여 차이가 있었다.

본 연구에서는 미세전류신경근자극이 DOMS

완화에 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위해 주관적 지표인 muscle soreness rating과 근육 손상에 대한 간접적 지표인 혈청 creatine kinase, 근력손실 정도를 파악하기 위한 운동분석으로 최대 수의적 등척성 수축을 운동 전, 운동 후 24시간 및 48시간에서 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 미세전류신경근자극이 DOMS 완화에 대한 주관적 지표인 muscle soreness rating과 근력손실의 회복정도를 알 수 있는 최대 수의적 등척성 수축에 대한 측정 결과에서는 별다른 유의성을 찾아볼 수 없었으나, 근육조직 손상에 대한 간접적 지표인 혈청 creatine kinase 수준의 변화에서는 치료군이 대조군에 비하여 증가가 현저하게 둔화된다는 것을 알 수 있었다. 따라서 외상에 의한 근육 손상과 관련된 질환에 있어 손상 초기에 미세전류신경근자극을 적용하면 근육 조직의 손상을 억제하는데 효과적인 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 미세전류신경근자극이 원심성 운동에 의한 DOMS에 미치는 효과를 규명하고자 건강한 성인 남자 10명을 미세전류신경근자극을 시행한 치료군과 대조군으로 나누어 실험하였다. 원심성 운동 전, 운동 후 24시간과 48시간에서 muscle soreness rating, 혈청 creatine kinase, 최대 수의적 등척성 수축에 대한 측정을 실시하였으며, 미세전류신경근자극은 운동측상지의 주관절 굴근에 금속표면전극을 부착하고 먼저 주파수 30 Hz와 강도 100 μ A로 10분간 자극하고, 다시 주파수 0.5 Hz와 강도 100 μ A로 10분간 자극하였다.

실험결과 muscle soreness rating 변화에서는 치료군이 운동 후 24시간에서 1.20 ± 0.45 점, 운동 후 48시간에서 2.20 ± 0.45 점, 대조군이 운동 후 24시간에서 1.20 ± 0.45 점, 운동 후 48시간에서 2.60 ± 0.55 점으로 나타나 시간에 따른 변화에서는 유의성이 매우 높았으나($p < 0.01$), 실험군간 비교에서는 유의성이 없었다($p > 0.05$). 혈청 creatine kinase 수준의 변화에서는 치료군이 운동 전에서 118.60 ± 22.85 IU, 운동

후 24시간에서 154.60 ± 20.31 IU, 운동 후 48시간에서 165.00 ± 20.02 IU, 대조군이 운동 전에서 109.40 ± 12.36 IU, 운동 후 24시간에서 $1,225.60 \pm 198.96$ IU, 운동 후 48시간에서 $2,396.40 \pm 944.93$ IU로 나타나 실험군간 비교에서 유의성이 매우 높았다($p < 0.001$). 최대 수의적 등척성 수축의 변화에서는 치료군이 운동 전에서 5.80 ± 0.51 Kg/cm², 운동 후 24시간에서 2.76 ± 0.36 Kg/cm², 운동 후 48시간에서 2.20 ± 0.47 Kg/cm², 대조군이 운동 전에서 5.24 ± 0.22 kg/cm², 운동 후 24시간에서 2.32 ± 0.18 Kg/cm², 운동 후 48시간에서 1.92 ± 0.11 Kg/cm²로 나타나 실험군간 비교에서 유의성이 없었다($p > 0.05$).

실험결과에 의하면 미세전류신경근자극이 DOMS 초기의 muscle soreness rating 감소와 최대 수의적 등척성 수축 회복에는 유의성 있는 효과를 나타내지 않았으나 혈청 creatine kinase의 상승을 억제하는 데는 매우 효과적이었다. 따라서 근육손상 초기에 미세전류신경근자극 적용이 근육조직 손상의 진행을 억제하는데 효과적인 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Amstrong RB : Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscle soreness : a brief review. *Med Sci Sports Exerc* 16: 529, 1994.
2. Ebbeling CB, Clarkson PM : Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* 7:207-234, 1989.
3. Amstrong RB : Initial events in exercise-induced muscular soreness. *Med Sci Sports Exerc* 54:429-435, 1990.
4. Claman HN : Glucocorticoids I: Anti-inflammatory mechanisms. *Hosp Pract* July:123-134, 1983.
5. Lundberg C, lebel L, Gerdin B : Inflammatory reaction in an experimental model of open wounds in the rat. The role of polymorphonuclear leukocytes. *Lab Invest*

- 50:726–752, 1984.
6. Donnelly AE, McCormick K, Maughan RJ, Whiting PH, Clarkson PM : Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *Br J Sports Med* 22: 325–338, 1988.
 7. Holbert D, Chenier TC, O'Brien KF : Trend analysis for repeated measures design. *Med Sci Sports Exerc* 22:871–878, 1990.
 8. Friden J, Sfakianos PN, Hargens AR, Akeson WH : Residual muscular swelling after repetitive eccentric contractions. *J Orthop Res* 6:492–498, 1988.
 9. Stauber WT, Clarkson PM, Fritz VK, Evans WJ : Extracellular matrix disruption and pain after eccentric muscle action. *J Appl Physiol* 69:868–874, 1990.
 10. Evans WJ, Cannon JG : The metabolic effects of exercise induced muscle damage. In: Holloszy JO(ed), *Exerc Sports Sci Reviews* Williams & Wilkins, Baltimore, pp99–125, 1991.
 11. Miles MP, Clarkson PM : Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *J Sports Med Phys Fit* 34:203–214, 1994.
 12. Friden J, Sjostrom M, Ekblom B : Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med* 4:170–176, 1983.
 13. Lieber RL, Friden J : Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J Appl Physiol* 74:520–526, 1993.
 14. Newham DJ, McPhall G, Mills KR, Edwards RHT : Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *J Neurol Sci* 61: 109–122, 1983.
 15. Clarkson PM, Byrnes WC, McCormick KM, Turcotte LP, White JS : Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *Int J Sports Med* 7:152–155, 1986.
 16. Newham DJ, Jones DA, Tolfree SEJ, Edwards RHT : Skeletal muscle damage : a study of isotope uptake, enzyme efflux and pain after stepping. *Eur J Appl Physiol* 55:106–112, 1986.
 17. Friden J, Sfakianos PN, Hargens AR : Blood indices of muscle injury associated with eccentric muscle contraction. *J Orthop Res* 7:14–145, 1989.
 18. Jones DA, Newham DJ, Round JM, Tolfree SEJ : Experimental human muscle damage : morphological changes in relation to other indices of damage. *J Physiol* 375:435–448, 1986.
 19. Smith LL, Keating MN, Holbert D, Speatt DJ, McCammon MR, Smith SS, Israel RG : The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count : A Preliminary report. *JOSPT* 19:93–99, 1994.
 20. Clarkson PM, Nosaka K, Braun B : Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc* 24:512–520, 1992.
 21. Howell JN, Chila AG, Ford G, David D, Gates T : An electromyographic study of elbow motion during postexercise muscle soreness. *J Appl Physiol* 58:1713–1718, 1985.
 22. Friden J, Sfakianos PN, Hargens AR : Muscle soreness and intramuscular fluid pressure : comparison between eccentric and concentric load. *J Appl Physiol* 61: 2175–2179, 1986.
 23. Schwane JA, Williams JS, Sloan JH : Effects of training on delayed muscle soreness and serum creatine kinase activity

- after running. *Med Sci Sports Exerc* 19: 584–590, 1987.
24. Cannon JG, Fielding RA, Fiatarone MA, Orencole SF, Dinarello CA, Evance WJ : Increased interleukin 1B in human skeletal muscle after exercise. *Am J Physiol* 257:R451–455, 1989.
 25. Round JM, Jones DA, Cambridge G : Cellular infiltrates in human skeletal muscle : exercise induced damage as a model for inflammatory muscle disease? *J Neurol Sci* 82:1–11, 1987.
 26. Francis KT, Hoobler T : Effects of aspirin on delayed muscle soreness. *J Sports Med* 27:333–337, 1987.
 27. Denegar CR, Perrin DH, Rogol AD, Rutt R : Influence of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain, range of motion, and serum cortisol concentration in females experiencing delayed onset muscle soreness. *JOSPT* 11:100–103, 1989.
 28. Rapaski D, Isles S, Kulig K, Boyce D : Microcurrent electrical stimulation : comparison of two protocols in reducing delayed onset muscle soreness. *Phys Ther* 71:S116, 1991(abstract)29. Hough T : Ergographic studies in muscular soreness. *Am J Physiol* 7:76–92, 1902
 30. Asmussen E : Observations on experimental muscular soreness. *Acta Rheumatol Scand* 2:109–116, 1956.
 31. De Vries HA : Prevention of muscular distress after exercise. *Res Q Exerc Sports* 32:177–185, 1961.
 32. Buroker KC, Schwane JA : Dose post-exercise static stretching alleviate delayed muscle soreness? *Phys Sportsmed* 17:65–83, 1989.
 33. High DM, Howley ET, Franks BD : The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sports* 4:357–361, 1989.
 34. Yackzan L, Adams C, Francis KT : The effects of ice massage on delayed muscle soreness. *Am J Sports Med* 12:159–165, 1984.
 35. Molea D, Murcek B, Blanken C, Burns R, Chila A, Howell J : Evaluation of two manipulative techniques in the treatment of postexercise muscle soreness. *J Am Osteopath Assoc* 97(7):477–483, 1987.
 36. Drews T, Kreider R, Drinkard B, Cortes C, Lester C, Woodhouse M, Shall L : Effects of post-event massage therapy on muscle recovery and performance in repeated ultraendurance cycling . *Med Sci Sports Exerc (abstract)* 22:597, 1990.
 37. Wenos JZ, Brilla LR, Morrison MD : Effect of massage on delayed onset muscle soreness. *Med Sci Sports Exerc(abstract)* 22:S34, 1990.
 38. Hill DW, Richardson D : Effectiveness of 10 % Trolamine salycylate cream on muscle soreness induced by a reproducible program of weight training. *JOSPT* 11 (1):19–23, 1989.
 39. Hasson S, Wible C, Reich M, Barnes W, Williams J : Dexamethasone iontophoresis : Effect on delayed muscle soreness and muscle function. *Can J Sports Sci* 17:8–13, 1992.
 40. Wolcot C, Dudek D, Kulig K, Weiss M, Clark T : A comparison of the effects of high volt and microcurrent stimulation on delayed onset muscle soreness. *Phys Ther* 71:S116, 1991.
 41. Kuipers H, Keizer HA, Verstappen FTJ, Costill DL : Influence of a prostaglandin-inhibiting drug on muscle soreness after eccentric work. *Int J Sports Med* 6:336–339, 1985.
 42. Hasson SM, Daniels JC, Divine JG et al : Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage, and performance : a preliminary investigation. *Med Sci Sports* 25:9–17, 1993.
 43. Kulig K, Isles S, Rapaski D, Smith J :

- Comparison of three microcurrent stimulation protocols in reducing delayed onset muscle soreness and edema. Presented at the 65th annual conference of the American Physical Therapy Association, Anaheim CA, June 24–28, 1990.
44. Kulig K, DeYoung L, Maurer C, Stone S : Comparison of the high-velocity exercises and microcurrent neuromuscular stimulation on delayed onset muscle soreness. *Phys Ther* 71:S115, 1991(abstract).
 45. Weber MD, Servedio FJ, Woodal WR : The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness. *JOSPT* 20 : 236–242, 1994.
 46. Talag TS : Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contractions. *Res Q Exerc Sports* 44 : 458–469, 1973.
 47. Hortobagyi T, Denahan T : Variability in creatine kinase : Methodological, exercise, and clinically related factors. *Int J Sports Med* 10:69–80, 1989.
 48. Newham DJ, Jones DA, Clarkson PM : Repeated high-force eccentric exercise : Effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol* 63:1381–1386, 1987.