

**피록시캠 겔의 음파영동이 원심성 운동-유발
근 손상의 기능회복에 미치는 효과**

최석주

(한동대학교 선린병원 물리치료실)

김태열

(동신대학교 물리치료학과)

송명수

(원광보건대학 물리치료과)

김영일

(건양대학교 제약공학과)

문성기

(대전보건대학 물리치료과)

**Effects on Functional Recovery of Eccentric
Exercise-Induced Muscle Damage by Phonophoresis
of Piroxicam Gel**

Choi Sug-Ju, P.T., M.P.T

Dept. of Physical Therapy, Handong University Sun Lin Hospital

Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D

Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

Song Myung-Soo, P.T., Ph.D

Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Health College

Kim Young-Il, Ph.D.

Dept. of Pharmaceutical Engineering, Konyang University

Moon Sung-Ki, P.T., M.P.H

Dept. of Physical Therapy, Taejon Health College

ABSTRACT

This study was investigated the effects on functional recovery of eccentric exercise-induced muscle damage by phonophoresis transdermal permeation of piroxicam gel and observed the change of amplitude at muscle action potential.

Through eccentric exercise-induced muscle damage, performed healthy men and women take eccentric resistance exercise and measured action potentials. The subjects were divided into three groups of four men each 24 hour, 48 hour, 72 hour.

The results of this study were as follows:

1. Change of maximal action potential at maximal voluntary contraction : The phonophoresis group was increase more than control group and gel group.
2. Change of average action potential at maximal voluntary contraction : The gel group was increase more than control group and phonophoresis group.
3. Change of maximal action potential at pain subthreshold voluntary contraction : The phonophoresis group was increase more significantly than control group and gel group.
4. Change of average action potential at pain subthreshold voluntary contraction : The phonophoresis group was increase more significantly than control group and gel group.

In conclusion, the change of muscle action potential amplitude by eccentric exercise-induced muscle damage showed that the phonophoresis by pulsed ultrasound of piroxicam gel was improved the recovery of muscle function.

I. 서론

임상에서는 오래 전부터 약물의 경피 투여를 위한 물리치료양식으로 이온도

입(iontophoresis)과 음파영동(phonophoresis)이 가장 많이 활용되어 왔다. 그러나 이온도입에 비해 초음파영동의 임상적 활용이나 연구는 그다지 활발한 편은 아니었다. 초음파를 이용한 경피약

물투과 연구는 1954년 Fellingner와 Schmid에 의해 음파영동에 대한 최초의 임상보고가 발표된 이후 현재까지 여러 가지 약물을 대상으로 다양한 연구가 진행되었다(Muir et al., 1990; Ciccone et al., 1991; Franklin et al., 1995; Bare et al., 1996; Meidan et al., 1999; Mitrigotri et al., 2000). 초음파를 이용한 음파영동의 경피약물투과 촉진 효과에 대한 현재까지 몇 가지 이론들을 정리하면 초음파의 압력 에너지가 약물 및 피부에 직접 약물의 수송동력으로 작용되거나, 초음파의 열적 효과에 의해 조직온도가 상승되어 피하의 혈관을 확장시켜 순환계 내로 약물의 투과속도를 증가시켜 약물의 경피투과를 촉진시키는 것으로 알려져 있다. 또한 세포막의 투과성이 증가되어 세포 내로 약물의 확산을 촉진한다는 이론도 제시되고 있다(Speed, 2001).

이온도입은 약물의 전하분자를 직류에 의해 피부를 투과하여 수송한다. 따라서 pH의 변화와 전류밀도의 증가로 피부화상을 쉽게 유발시킬 수 있으며, 약물이 용액상태의 극성물질이어야 한다는 단점이 있다. 그러나 음파영동은 진도 매개체에 함유된 약물분자가 초음파의 에너지에 의해 피부를 투과하여 흡수되며 초음파에 의해 생체조직이 열적, 기계적, 화학적으로 변화를 일으켜 약물투과를 촉진시킨다. 음파영동은 약물의 이온화에 따른 사용제한이 없고, 투과도가 5 cm 이상으로 심부투과가 가

능하며, 이온도입에 비해 치료시간이 매우 짧고 피부화상의 위험이 최소화된다는 장점을 가지고 있다(Franklin et al., 1995). 그 외에도 약물을 크림, 젤, 유제 등 다양한 형태로 사용 할 수 있으며, 치료 시 환자에게 안락한 자극을 줄 수 있고, 초음파의 열적 및 비열적 효과나 전기영동(electroporation)과의 병행 시 상승효과(synergy effect)를 얻을 수 있다. 초음파치료 시 조직온도상승에 영향을 미치는 기법의 중요성이 강조되면서 매개변수들에 대한 주의가 필요하며, 연부조직의 온도변화는 매질유형, 주파수, 강도, 치료시간, 적용방법, 변환기의 크기 등에 의해 온도상승이 변한다(Draper, 1995).

NSAID(nonsteroidal antiinflammatory drug)는 구조적 특징에 따라 salicylic acid 유도체, pyrazolone 유도체, propionic acid 유도체, phenybutazone 유도체, fenamic acid 유도체, indene 유도체 등으로 구분된다. NSAID의 작용기전은 염증 유발부에 prostagladin이라는 지질성분이 다량으로 합성되는데 이것은 면역반응에 중요한 역할을 하는 매개체세포 내 arachidonic acid로부터 합성된다. 이 합성과정에 cyclooxygenase라는 효소가 관여하는데 NSAID계 소염진통제는 염증이 있는 말초조직에서 cyclooxygenase 효소의 작용을 억제하여 prostagladin의 합성을 저해한다. NSAID계 소염진통제는 주로 근골격계 통증, 수술 후 통증,

두통, 생리통 등에 효과적이며 다량 투여 시 내성이나 의존성을 유발하지 않으나 위장장애, 간독성 등의 부작용이 출현한다(Honig, 1994). 따라서 근골격계 염증성 병변을 주로 다루는 물리치료분야에서는 오래 전부터 음파영동이나 이온도입을 이용한 경피약물투여가 임상에서 사용되어 왔다. 과거에는 salicylate, hydrocortisone 등의 소염진통제가 주로 사용되었으나, 최근 들어 NSAID계 소염진통제인 indomethacin, ketoprofen, piroxicam 등의 경피제제를 이용한 초음파영동이 많이 사용되고 있다. 특히 피록시캄은 oxicam 유도체로서 다른 NSAID계 소염진통제에 비해 반감기가 길어 류머티스 관절염, 퇴행성 관절염, 강직성 척추염, 등에 효과적으로 사용되고 있으나 경구투여 시 위장장애를 심하게 일으키는 약물 중의 하나이다(Gilman and Rall, 1991). 따라서 이러한 부작용을 최소화시키기 위해 피록시캄 겔의 경피투과에 대한 연구가 다양한 형태로 진행되어 왔고(Marks and Dykes, 1994; Santoyo et al., 1995), 현재 피록시캄 경피제제가 개발되어 시판되고 있으며, 대부분이 겔 형태이기 때문에 피록시캄 겔을 음파영동용 경피제제로 이용이 가능하다. 그러나 초음파에 의한 피록시캄 겔의 경피투과도를 측정하여 음파영동용 경피제제 이용 가능성에 대한 연구가 필요한 실정이다.

원심성 운동-유발 근 손상(eccentric

exercise-induced muscle damage)은 운동강도가 갑자기 상승한 후에 발생하는 근육통이나 일시적인 뻣뻣함, 근강도의 약화와 관절가동범위의 제한 및 부종을 나타내는 것(Cleak and Eston, 1992)을 말하며, 일상생활 활동이나 여가활동에 따른 운동과 재활치료 과정에 지장을 초래할 수 있다(김태열 등, 1995).

따라서 본 연구는 피록시캄 겔의 음파영동 경피투과가 원심성 운동-유발 근 손상의 기능회복에 미치는 효과를 정량적 근전도 분석을 통하여 확인하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험대상

실험 대상자는 자원한 남·녀 대학생 중 실험에 영향을 줄 수 있는 선행 질병을 가졌거나 약물을 복용하는 자를 배제하고 18명(25±5세)을 선정하였다. 실험은 대조군(I군), 약물도포군(II군), 음파영동군(III군)으로 분류하여 각 군에 6명을 배정하여 실시하였다.

2. Piroxicam gel의 제조

Piroxicam과 carbomer 940, propylene glycol, triethanolamine은 약전 규격품을 사용하였고, Transcutol®(Gattefossé,

France)의 제품을 사용하였다. Piroxicam의 함량이 0.5 w/w %인 gel을 제조하기 위하여 물 6.85 mL를 homomixer에 넣고 고분자로서 carbomer 940 0.1g을 투입하여 팽윤 용해하였으며, piroxicam이 난용성이므로 Transcutol[®] 1.0mL와 propylene glycol 2.0mL에 piroxicam 0.05 g을 용해 한 후 gel의 pH가 6.5~7.5가 되도록 triethanolamine을 넣으면서 교반하여 맑은 겔을 제조하였다. 겔은 외관상 투명한 상태를 유지하였으며 점성도는 1400 mPa·s이었다. 제조된 겔을 다양한 온도에서 6개월 동안 안정성 실험을 하였으나 제제의 변화는 크게 나타나지 않았다.

3. 원심성 운동 및 음파영동

대상자들의 비-우세(non-dominant hand) 주관절 굴곡근 중 상완이두근을 근전위활동 측정을 위한 표적근으로 선정하였다. 먼저 원심성 운동에 적용할 무게를 정하기 위하여 실험대상자의 비-우세측 주관절을 90°굴곡한 상태에서 상완이두근에 대한 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)시 근 전위활동의 진폭을 3회 측정하여 평균값으로 결정하였다. 각 실험대상자의 원심성 저항운동에 적용될 무게는 예비 측정된 근 전위활동 50%수준의 근 전위활동을 유발할 수 있는 무게를 측정하여 적용하였는데 평균적으로 남자는 11.42±1.35kg, 여자는 5.17±1.23kg이었다.

실험대상자는 주관절 굴곡근의 원심성 저항운동을 실시하기 위해 주관절을 120°굴곡한 자세에서 아령을 들고 완전 신전 위치까지 천천히 원심성 운동을 시행하였다. 다시 주관절 굴곡위를 취할 때는 측정자가 아령을 대신 들어 주었다. 주관절 굴곡근의 원심성 운동은 1회에 약 5초가 소요되도록 하였으며 원심성 저항운동은 10회를 1 운동단위(bout)로 하여 운동조절이 불가능할 때까지 실시하였으며 각 운동단위간의 휴식시간은 30초로 하였다. 대상자들의 운동 반복횟수는 평균적으로 남성은 60.25±23.17회, 여성은 85.08±48.94회였다.

치료는 대조군(I군)을 제외한 모든 실험군에 적용되었으며, 약물도포군(II군)은 실험측 상완부에 3g의 피록시캠 겔을 넓게 바른 후 5회 정도 문질러 주었다. 음파영동군(III군)은 실험측 상완부에 3g의 피록시캠 겔을 바른 후 맥동초음파를 적용하였다. 초음파 기기는 Sonopulse 590(Enraf-Nonius, Netherlands)을 사용하였으며, 초음파 변환기의 도형면적(geometric area, GA.)은 6.2cm², 효과적방사영역(effective radiating area; ERA.)은 5.0cm², 빔 비-균질성비(beam non-uniformity ratio; BNR.)가 6.0max.이었다. 맥동초음파의 매개변수로 임무주기는 1:4, 치료용량은 1.0W/cm² SATA₁를 사용하였으며, 치료는 손상 직후, 손상 후 24시간, 48시간에 각 1회씩 총 3회 실시하였다.

4. 근 전위활동 측정

근 전위활동은 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간의 최대 수의적 수축 시 활동전위 진폭의 변화와 통증역치하 수의적 수축 시 활동전위 진폭의 변화를 측정하였다. 근 전위활동의 정량적 분석은 표면근전도(surface electromyography) 장치(Enraf-Nonius, Myomed 932, Netherlands)를 사용하였다. 먼저 전극이 부착되는 부분의 피부는 의료용 알코올로 깨끗이 닦아내고 건조시킨 후 일회용 근전도 전극(Blue sensor®, Medicotest, USA.)을 이용하여 상완이두근의 근육(belly)에 활성전극과 참고전극의 중심간의 거리를 30mm로 하여 부착하였으며, 접지전극은 상완이두근의 수축과 무관한 부위에 부착하였다. 근전도 분석조건으로 work-rest mode를 사용하였으며 work time 10sec., rest time은 30sec., cycle은 3, sensitivity는 2,000 μ V, threshold는 50%를 사용하였다. 근 활동전위는 3회 측정하여 평균값으로 선택하였다.

5. 통계 처리

본 연구의 통계학적 분석은 SAS software version 8.2를 사용하여 mean \pm SE를 구하고 일요인 분산분석(one-way ANOVA)과 사후검정으로 Duncan을 실시하였으며, 반복 측정된 일요인 분산분석(repeated two-way

ANOVA)을 사용하였다. 분석 시 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하여 검정하였다.

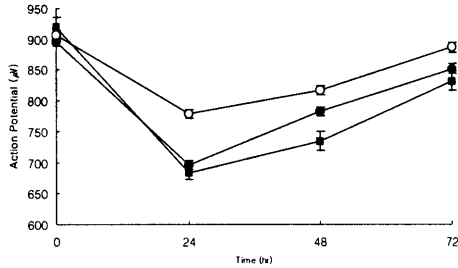
III. 결 과

1. 최대 수의적 수축 시 최대 활동전위 진폭의 변화

근 손상 유발 전, 24시간, 48시간, 72시간에서의 최대 활동전위 진폭의 변화를 측정한 결과 대조군(I군)이 920.2 \pm 223.89 μ V, 683 \pm 198.39 μ V, 734.2 \pm 221.17 μ V, 831.4 \pm 218.19 μ V로 나타났고, 약물도포군(II군)이 896 \pm 175.98 μ V, 695.4 \pm 113.41 μ V, 782.2 \pm 121.57 μ V, 851.2 \pm 137.47 μ V로 나타났으며, 음파영동군(III군)이 906.2 \pm 123.00 μ V, 779 \pm 95.05 μ V, 816.4 \pm 114.97 μ V, 886.6 \pm 118.31 μ V로 나타났다(Fig 1).

최대 수의적 수축 시 최대 활동전위 진폭의 변화는 모든 군에서 근 손상 유발 후 24시간대에서 감소되다가 48시간과 72시간대에 서서히 회복되어져 가는 것을 볼 수 있었으나, 72시간 후에도 근 손상 유발전의 상태로 활동전위의 회복을 보이지는 않았다. 측정시기에 따른 변화를 일요인 분산분석 한 결과 F-value가 0.22로 통계적으로 유의하지 않았으며, 사후검정에서도 실험군 간에 유의한 차이는 없었다. 이 요인 분산분석을 한 결과 실험군과 측정시기에서 각각

유의한 차이를 보였으나($p < .05$), 실험군 및 측정시기에 대한 상호작용에서는 유의하지 않았다.



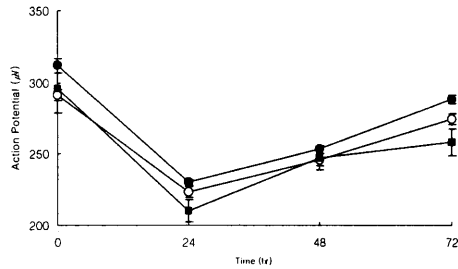
■ Control ● Gel ○ Phonophoresis
Fig 1. Change of maximal action potential at maximal voluntary contraction.

2. 최대 수의적 수축시 평균 활동전위 진폭의 변화

평균 활동전위 진폭의 변화는 대조군(I군)이 $296.2 \pm 77.39 \mu V$, $210 \pm 52.15 \mu V$, $247.2 \pm 56.95 \mu V$, $258.4 \pm 68.47 \mu V$ 로 나타났고 약물도포군(II군)이 $312.6 \pm 37.21 \mu V$, $230.4 \pm 12.43 \mu V$, $253.6 \pm 13.17 \mu V$, $288.4 \pm 23.7 \mu V$ 로 나타났으며 음파영동군(III군)이 $291.6 \pm 30.97 \mu V$, $223.2 \pm 32.74 \mu V$, $246.8 \pm 32.84 \mu V$, $274.2 \pm 28.88 \mu V$ 로 나타났다(Fig 2).

최대 수의적 수축 시 평균 활동전위 진폭의 변화는 모든 군에서 근 손상 유발 후 24시간대에서 감소되다가 48시간과 72시간대에 서서히 회복되어져 가는 것을 볼 수 있었다. 측정시기에 따른 변

화를 일요인 분산분석 한 결과 F-value는 0.18로 통계적으로 유의하지 않았으며, 사후검정에서도 실험군 간에 유의한 차이는 없었다. 이 요인 분산분석을 한 결과 측정시기에서 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 실험군 및 측정시기에 대한 상호작용에서는 유의하지 않았다.



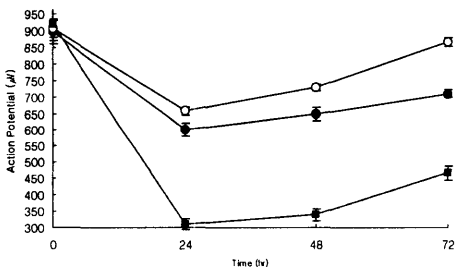
■ Control ● Gel ○ Phonophoresis
Fig 2. Change of average action potential at maximal voluntary contraction.

3. 통증역치하 수의적 수축시 최대 활동전위 진폭의 변화

근 손상 유발전, 24시간, 48시간, 72시간에서의 통증역치하 수의적 수축 시 최대 활동전위 진폭의 변화를 측정 한 결과 대조군(I군)이 $920.2 \pm 223.89 \mu V$, $310.8 \pm 86.28 \mu V$, $339 \pm 94.73 \mu V$, $466 \pm 115.15 \mu V$ 로 나타났고, 약물도포군(II군)이 $896 \pm 175.98 \mu V$, $601 \pm 101.43 \mu V$, $650.4 \pm 103.94 \mu V$, $709.4 \pm 111.33 \mu V$ 로 나타났으며, 음파영동군(III군)이 $906.2 \pm 123.00 \mu V$, $657.2 \pm 61.58 \mu V$, $728.8 \pm 46.34 \mu V$, $866.2 \pm 76.93 \mu V$ 로 나타

났다(Fig 3).

최대 활동전위 진폭의 변화는 모든 군에서 근 손상 유발 후 24시간대에 감소하다가 48시간과 72시간대에 서서히 회복되어져 가는 것을 볼 수 있었으나, 72시간 후에도 근 손상 유발전의 상태로 활동전위의 회복을 보이지는 않았다. 측정시기에 따른 변화를 일요인 분산분석 한 결과 F-value는 18.84로 통계적으로 유의하였으며($p < .05$), 사후검정에서는 음파영동군(III군)이 다른 군과 유의한 차이를 보였다. 이 요인 분산분석을 한 결과 실험군, 측정시기, 실험군 및 측정시기에 대한 상호작용에서 유의한 차이를 보였다($p < .05$).



■ Control ● Gel ○ Phonophoresis

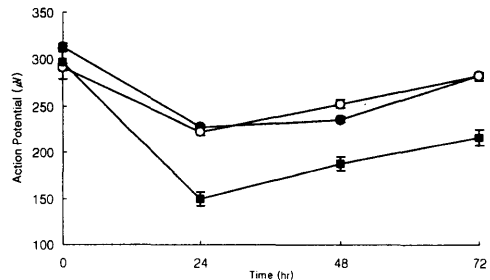
Fig 3. Change of maximal action potential at pain subthreshold voluntary contraction.

4. 통증역치하 수의적 수축 시 평균 활동전위 진폭의 변화

평균 활동전위 진폭의 변화는 대조군

(I군)이 $296.2 \pm 77.39 \mu V$, $149.6 \pm 34.71 \mu V$, $187.4 \pm 57.56 \mu V$, $216.8 \pm 61.07 \mu V$ 로 나타났고, 약물도포군(II군)이 $312.6 \pm 37.21 \mu V$, $228.8 \pm 23.47 \mu V$, $236.4 \pm 17.96 \mu V$, $282.8 \pm 13.73 \mu V$ 로 나타났으며, 음파영동군(III군)이 $291.6 \pm 30.97 \mu V$, $223.4 \pm 29.05 \mu V$, $252.8 \pm 24.68 \mu V$, $282.2 \pm 29.91 \mu V$ 로 나타났다(Fig 4).

통증역치하 수의적 수축 시 평균 활동전위 진폭의 변화는 모든 군에서 근 손상 유발 후 24시간대에 감소하다가 48시간과 72시간대에 서서히 회복되어져 가는 것을 볼 수 있었다. 측정시기에 따른 변화를 일요인 분산분석을 한 결과 F-value는 3.51로 통계적으로 유의하였으며($p < .05$), 사후검정에서는 음파영동군(III



■ Control ● Gel ○ Phonophoresis

Fig 4. Change of average action potential at pain subthreshold voluntary contraction.

군)이 대조군과 유의한 차이를 보였다. 이 요인 분산분석을 한 결과 실험군, 측정시기에서는 유의한 차이를 보였으나($p < .05$), 실험군 및 측정시기에 대한 상호작용은 유의하지 않았다.

IV. 고 찰

경피약물 수송체계를 이용한 약물투여 방법은 전통적으로 사용해온 경구투여나 또는 주사에 비하여 위장장애를 최소화시키고, 간편하게 사용할 수 있으며, 약물의 지속적 투여가 가능하다는 등 여러 가지 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 각질층(stratum corneum)의 낮은 투과성으로 인하여 약물분자가 매우 느리게 투과되기 때문에 경피를 통하여 치료적 목적을 달성하는데 어려움이 있다. 물리적으로 약물의 경피투과는 주로 단순확산에 의해 일어나지만 이러한 단순확산에 의한 경피투과는 분자량이 낮은 약물에서만 효율성을 얻을 수 있기 때문에 약물의 경피투과를 촉진시키기 위해 다양한 용매, 계면활성제 및 알코올류와 같은 경피흡수 촉진제나 전류, 초음파, 자장 등 물리적 동인들이 사용된다(용철순 등, 2000).

본 연구에서 경피투과 촉진을 위해 사용된 초음파는 주로 공동화(cavitation)에 의해 형성된 세포간 통과로와 부속기관 통과로를 통하여 이루어지며, 또한 초음파에 의해 세포막의 투과성이 증가되어 세포통과로를 통해서도 이루어진다(Mitragotri et al., 1995). 음파영동은 초음파 주파수에 따라 1MHz 이하의 저-주파수 음파영동(low-frequency phonophoresis), 1MHz에서 3MHz 사이의 치료-주파수 음파영동

(therapeutic-frequency phonophoresis), 3MHz 에서 15MHz 사이의 고-주파수 음파영동(high-frequency phonophoresis)으로 분류된다.

음파영동을 적용할 때 초음파의 주파수에 따라 약물의 경피투과도가 달라지는데 일반적으로 분자량이 많은 약물에서는 저 주파수 음파영동이 고 주파수 음파영동보다 경피투과가 더 효과적인 것으로 보고되고 있으며 특히, Insulin, interferon γ 등 분자량이 큰 대부분의 약물들은 저-주파수 음파영동에서 경피투과가 증가되는 것으로 보고되었다(Mitragotri, 1995). 따라서 대표적인 NSAID중 하나인 피록시캄의 경피투과를 평가하는 본 연구에서도 임상에서 소염진통제의 음파영동에 가장 많이 적용되는 1MHz 초음파를 사용하였다.

원심성 운동으로 인해 유발된 근 손상에 대해 Hasson 등(1990)은 맥동초음파 치료와 위약 초음파치료의 진통효과를 비교하기 위해 대퇴사두근에 지연발생 근육통을 유발시켰다. 근 수행력과 근육통 인지에 대해 조사한 결과 운동 후 48시간에서 위약 치료군과 대조군에 비해 초음파 치료군에서 근 수행력과 근육통인지에 효과가 있음을 보였다. 그러나, Craig 등(1999)은 선행 연구자들의 실험과는 다르게 대퇴사두근이 아닌 상완이두근에 운동을 적용하였다. 이것은 일상생활에서 보행이 근 손상에 긍정적 효과를 줄 수 있는 운동으로 작용할 수 있으므로 이를 배제하기 위해 비우세 주관

결에 대해 실험을 실시하였다. 따라서 본 연구에서도 상완이두근에 원심성 운동을 적용하여 근 손상을 유발시켜 근 활동전위를 측정하였다.

근 전위활동에 대한 정량적 분석에서 최대 수의적 수축 시 평균활동전위 진폭이 24시간대에 근 손상 유발 전에 비해 실험군인 약물도포군(Ⅱ군)이 $230.4 \pm 12.43 \mu V$, 음파영동군(Ⅲ군)이 $223.2 \pm 32.74 \mu V$ 로 활동전위의 진폭이 감소되는 추세를 나타내었으나 통계적으로 유의성은 없었다. 48시간대와 72시간대에서는 약물도포군(Ⅱ군)과 음파영동군(Ⅲ군)의 활동전위 진폭이 모두 증가하였으며 특히, 음파영동군(Ⅲ군)이 활동전위의 진폭증가가 높게 나타났으나 통계적으로 유의성은 없었다. 통증억치하 수의적 수축 시 활동전위 진폭의 변화를 각 시간대 별로 측정하여 비교하였다. 측정시기에 따른 변화를 일요인 분산분석을 한 결과 F-value가 3.51로 통계적으로 유의하였으며($p < .05$), 사후검정에서는 음파영동군(Ⅲ군)이 대조군(Ⅰ군)과 약물도포군(Ⅱ군)에 대하여 유의한 차이를 보였다. 이요인 반복분산분석을 한 결과에서는 실험군과 측정시기에서 각각 유의한 차이를 보였으며($p < .05$), 실험군 및 측정시기에 대한 상호작용에서는 유의하게 나타나지 않았다. 특히 음파영동군(Ⅲ군)은 48시간대와 72시간대에 대조군(Ⅰ군)보다 활동전위 진폭의 회복이 유의한 차이가 있었다. 따라서 피록시캄 겔의 음파영동이 경피투과량을 증가시켜 근 기능회복에 효과적

인 것으로 사료된다.

원심성 운동-유발 근 손상과 관련된 연구 중 근육손상이론(Amstrong, 1990)은 몇 가지 가설로 그 기전을 설명하고 있으며, 항 염증성 약물이 실험동물의 손상정도를 감소하는데 효과적이었다고 한다(Newharm, 1983). 따라서 본 연구에서도 대조군(Ⅰ군)에 비해 피록시캄 겔을 적용한 실험군들이 항염효과에 유의한 차이를 나타내었으며, 특히 음파영동군(Ⅲ군)이 피록시캄 겔의 경피투과를 증가시켜 약물도포군(Ⅱ군)에 비해 근 손상의 회복에 더 효과가 있는 것으로 사료된다. 이러한 경피제제들은 대부분 약물을 피부에 도포하는 방법으로 사용되지만 일부 임상에서는 음파영동용 경피제제로 활용되기도 한다. 그러나 단순한 도포에 비하여 약물과 함께 초음파를 적용하는 음파영동이 약물의 경피투과를 어느 정도 촉진시키는지에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이기 때문에 향후 지속적인 연구가 요구된다.

이상의 결과 원심성 운동-유발 근 손상에 의한 근 전위활동의 변화를 측정한 결과 맥동초음파를 이용한 음파영동이 피록시캄 겔의 경피투과를 촉진시켜 근 기능의 회복을 향상시켰다. 따라서 NSAID 경피제제들을 피부에 단순 도포하는 방법뿐만 아니라 사용하는 것 보다 초음파를 이용하여 음파영동을 적용시키면 약물의 경피투과를 촉진시켜 약리작용을 더욱 증대시킬 뿐만 아니라 초음파의 생물학적 효과가 추가되어 더 큰 상승효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

맥동초음파를 이용한 피로시감 겔의 음파영동 경피투과가 원심성 운동-유발 근 손상의 기능회복에 미치는 효과를 알아보기 위하여 근 활동전위 진폭의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최대 수의적 수축 시 최대 활동전위 진폭의 변화는 음파영동군이 가장 빠르게 회복되었으나 통계적으로 유의성은 없었다.
2. 최대 수의적 수축 시 평균 활동전위 진폭의 변화는 약물도포군이 가장 빠르게 회복되었으나 통계적으로 유의성은 없었다.
3. 통증역치하 수의적 수축 시 최대 활동전위 진폭의 변화는 음파영동군이 가장 빠르게 회복되어 통계적으로 유의하였다.
4. 통증역치하 수의적 수축 시 평균 활동전위 진폭의 변화는 음파영동군이 가장 빠르게 회복되어 통계적으로 유의하였다.

이상의 결과 원심성 운동-유발 근 손상에 의한 근 전위활동의 변화를 측정할 결과 맥동초음파를 이용한 음파영동이 피로시감 겔의 경피투과를 촉진시켜 근 기능의 회복을 향상시켰다.

참고문헌

- 김태열, 최은영, 윤희중 : 미세전류신경근 자극이 Delayed Onset Muscle Soreness, 혈청 Creatine Kinase, 최대 수의적 등척성 수축에 미치는 영향. 대한물리치료사 학회지. 2(3);11-22, 1995.
- 용철순, 이종달, 최한곤 : 경피흡수에 영향을 미치는 인자. 한국피부장벽학회지. 2(1);266-285, 2000.
- Armstrong RB : Initial events in exercise-induced muscular soreness. Med Sci Sports Exerc. 53:429-435, 1990.
- Bare AC, McAnaw MB, Pritchard AE et al : Phonophoretic Delivery of 10% Hydrocortisone Through the Epidermis of Humans as Determined by Serum Cortisol Concentrations. Journal of Physical Therapy. 76(7);738-745, 1996.
- Ciccione CD, Leggin BG, Callamaro JJ : Effects of Ultrasound and Trolamine Salicylate Phonophoresis on Delayed-Onset Muscle Soreness. Journal of Physical Therapy. 71(9);666-675, 1991.
- Cleak MJ and Eston RG : Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. Br J Sp Med. 26(4);267-272, 1992.
- Craig JA, Bradley J, Walsh DM :

- Delayed onset muscle soreness; Lack of effect therapeutic ultrasound in human, *Arch Phys Med Rehabil.* 80;318-323, 1999.
- Draper DO, Castel JC, Castel D : Rate of temperature increase in human muscle during 1 MHz and 3MHz continuous ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther.* 22(4);142-150, 1995.
- Franklin ME, Smith ST, Chenier TC, et al : Effect of Phonophoresis With Dexamethasone on Adrenal Function. *Jouranl of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 22(3);103-107, 1995.
- Gilman AG and Rall TW : The pharmacological basis of therapeutics. Pergamon Press, Inc., New York, U.S.A. 8;668, 1991.
- Hasson S, Mundorf R, Barnes W, et al : Effect of pulsed ultrasound versus placebo on muscle soreness perception and muscular performance. *Scad J Rehabil Med.* 22(4);199-205, 1990.
- Honig SM : Nonsteroidal anti inflammatory drugs. *Handbook of Pain Management.* Chap 14(2);165-172, 1994.
- Marks R and Dykes P : Plasma and cutaneous levels after topical application of piroxicam gel, a study in healthy volunteers. *Skin Pharmacol.* 7;340-344, 1994.
- Meidan VM, Walmsley AD, Docker MF, et al : Ultrasound-enhanced diffusion into couplin gel during phonophoresis og 5-fluorouracil. *International Journal of Pharmaceutics.* 185;205-213, 1999.
- Mitragotri S, Blankschtein D, Langer R : Ultrasound-Mediated Transdermal Protein Delivery. *Journal of Science.* 269;850-853, 1995.
- Mitragotri S, Farrell J, Tang H, et al : Determination of threshold energy dose for ultrasound-induced transdermal drug transport. *Journal of Controlled Release Official.* 63;41-52, 2000.
- Muir WS, Magee FP, Longo JA, et al : Comparison of Ultrasonically Applied VS Intra-articular Injected Hydrocortisone Levels in Canine Knees. *Journal of Orthopaedic Review.* 19(4);351-356, 1990.
- Newham DJ, Jones, Edwards et al : Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle and Nerve.* 6;380-385, 1983.
- Santoyo S, Arellano A, Ygartua P, et al : Penetration enhancer effects on the in vitro percutaneous absorption of piroxicam through rat skin. *Int J Pharm.* 117;219-224, 1995.
- Speed CA : Therapeutic ultrasound in

soft tissue lesions. Rheumatology.
40:1331-1336, 2001.