

지연발생 근육통의 냉치료 효과에 대한 연구

광주보건대학 물리치료과

김 상 업

The effects of cryotherapy on delayed onset muscle soreness

Kim, Sang-Yeob, Ph.D., R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, KwangJu Health College

- ABSTRACT -

Delayed onset muscle soreness is a sensation of discomfort that occurs 24 h after exercise, and it is associated with the performance of unfamiliar and high force muscle work, such as eccentric contractions. The injury to the muscle has been well described but the mechanism underlying the injury is not fully understood. Although the pathophysiological processes underlying delayed onset muscle soreness are not completely understood, many researchers have investigated various treatments in an attempt to reduce the soreness. Physical therapy is the most important techniques to reduce delayed onset muscle soreness. The purpose of this study is to investigate the effect of a cryotherapy on DOMS. Thirty subjects were randomly assigned to experimental group : control, cryotherapy, and placebo group. Elbow flexion range, mechanical pain threshold, and subjective pain were measured 30 min before DOMS was induced and 24, 48, 72 hours after DOMS was induced. The results of this study were as follows : 1. Elbow flexion range showed significant difference each time, especially at 48 and 72 hours 2. Mechanical pain threshold and subjective pain showed no significant difference between group.

key words : muscle soreness; cryotherapy; DOMS

I. 서론

인간은 다양한 신체활동의 결과로 근육통이 유발될 수 있는데, 이러한 근육통이 운동 중에 나타나거나 운동 후 즉시 또는 지연되어 나타날 수 있으며 그로 인해 운동을 중지하거나 불쾌한 통증 감각을 지속적으로 경험하게 된다.

운동 후 나타나는 근육통에는 운동 후 즉시 또는 운동 중에 나타나는 급성 근육통(acute muscle soreness)과 운동 후 일정 시간이 지난 다음에 나타나는 지연 발생 근육통(delayed onset muscle soreness, DOMS)이 있다. 급성 근육통은 대사과정의 노폐물인 젖산에 의한 자유신경종말의 자극(Asmussen, 1956)이나 근허혈에 의한 일시적 저산소증(Francis, 1983)에 의해 발생될 수 있으며, 대개 운동을 중지한 후 몇 분에서 몇 시간이 지나면 사라지게 된다.

지연 발생 근육통은 원심성 운동과 같은 익숙하지 않은 운동이나 강한 힘을 요하는 근수행시 발생할 수 있는데 통증, 압통, 종창 그리고 움직임의 범위 저하와 같은 불편함을 호소하게 되는데 운동 후 24시간에 그 강도가 증가하기 시작하여 24시간에서 72시간에 최대가 되고 5일에서 7일이면 사라지는 특징을 볼 수 있다(Armstrong, 1984 ; Cleak & Eston, 1992 ; Craig 등, 1996 ; Giamberardino 등, 1996).

근육통은 CK(creatine kinase)와 젖산 같은 화학적 인자(Newham 등, 1986), 운동 다음에 상승된 열적 인자(Davies & Barnes, 1972), 또는 부종을 동반한 조직의 상승된 압력과 역학적 변형에 의한 역학적 인자(Friden 등, 1986)가 유해자극이 되어 근조직 특히, 근건접합부와 근막층에 있는 수용기를 자극함으로써 유발될 수 있다(Kumazawa & Mizumura, 1977).

지연 발생 근육통과 관련된 통증은 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔으며 그 현상을 설명하기 위해 근경련 이론(De Vries, 1961), 결합조직 손상 이론(Abraham, 1977), 근육 손상 이론(Armstrong 등, 1983), 그리고 지연 발생 근육통의 원인으로서 염증(MacIntyre 등, 1995) 등 몇 가지 가설들을 제시하였다. 그러나 지연 발생 근육통과 연관된 특별한 인자에 대해 명확하게 정의하고 있지 못하기 때문에 기본적인 병리생리학적 과정에 대한 기전을 정확히 제시하지 못하고 있는 실정이다(Cleak & Eston, 1992).

그럼에도 불구하고 많은 연구자들은 근육통을 줄이기

위한 시도로 다양한 물리치료방법과 그 효과에 대해 연구해 왔다. 그러나 그 치료 효과에 대한 보고에는 연구자마다 서로 상반된 결과를 제시하였다. Hasson 등(1990)은 지연 발생 근육통에 대해 맥동초음파 치료를 적용하였는데 근 수축력과 근육통 인지에 대한 조사결과 초음파의 효과가 있다고 보고하였으나, Craig 등(1999)은 초음파의 효과에 대해 주관절 굴곡과 신전각도, 역학적 통증 역치 그리고 주관절 통증 측정치를 통해 서로 비교하였으나 주관절 굴곡각도를 제외한 어떤 그룹에서도 그 효과를 볼 수 없다고 하였다.

Denegar 등(1989)은 지연 발생 근육통에 대한 저빈도 TENS(2 Hz, 300 μ s)의 효과를 평가하였는데 인지된 통증의 감소와 주관절 신전의 증가를 보여주었다. 그러나 Jette(1987)는 고빈도 TENS(85Hz)와 저빈도 TENS(2Hz)를 적용하였는데 시간경과에 따른 TENS 효과의 유의한 결과는 얻지 못했다. Craig 등(1996)도 움직임 범위, 압통계를 이용한 역학적 통증 역치, 그리고 시각척도(visual analogue scale)과 McGill pain Questionnaire를 이용한 통증 측정 결과 TENS 치료군의 효과는 조절군과 위약 효과군에 비해 통계학적으로 유사한 차이가 없음을 보고하여 Denegar 등(1989)의 연구와는 상반된 결과를 보였다.

급성 연부조직 손상에 대한 냉치료는 단일연접 신장 반사의 억압을 통해 근경련의 감소는 물론 염증과 통증도 감소시킨다고 알려졌다(Michlovitz, 1990). 그러나 여러 연구의 결과를 보면 지연 발생 근육통에 대한 냉적용의 효과는 없는 것으로 보여준다(Yackzan 등 1984, Paddon-Jones와 Quigley, 1997, Braun 과 Clarkson, 1989).

이처럼 지연 발생 근육통에 대한 물리치료의 효과 연구에서 서로 상반되거나 효과가 없다고 제시하는 이유에는 지연 발생 통증을 위한 통증 모형이 실험적 통증 모형이기 때문에 근육통의 양상이 대상자에 따라 다양한 반응을 보일 수 있고 검사자와 대상자 사이의 주관적 개입이 있을 수 있다는 것이다. 어떤 대상자에서는 생화학적 또는 기능적 변화가 있었지만 어떤 대상자에서는 같은 운동을 하더라도 단지 작은 변화만이 있을 수 있게 된다.

따라서 본 연구는 검사자와 대상자간의 주관적 개입을 배제하기 위해 이중맹검법을 이용하여 냉적용 후 지연 발생 근육통의 치료 효과를 보고자 한다

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 연구의 목적에 동의한 광주보건대학에 재학중인 학생 37명으로 하였다. 그러나 통증의 측정은 주관적 경향이 있기 때문에 대상자에 대한 강제성을 배제하기 위해 대상자가 언제든지 그만두기를 원한다면 이를 하락하도록 하였다. 따라서 본 연구에 동원된 대상자는 중간에 포기한 7명을 제외하고 30명을 대상으로 연구를 하였다. 대상자의 조건으로는 최근 1달 이내에 상지에 대한 과격한 운동을 하지 않은 자, 신경근계에 이상이 없는 자, 현재 상지에 통증이 없는 자, 규칙적인 신체 운동을 하지 않는 자, 이전에 냉치료를 받아 본적이 없는 자로 하였으며, 본 연구 기간 동안에 항염증제를 비롯한 연구 기간동안에 나타난 근육통을 위해 어떠한 약물도 복용하지 않도록 교육하였다.

본 연구의 실험기간은 2001년 1월 7일 - 2001년 3월 8일 까지 하였다.

2. 실험방법

1) DOMS의 유발

DOMS의 유발은 비우세측 주관절 굴곡근인 상완이두근에 대해 실시하였다. 대상자들은 주관절을 완전히 굴곡과 신전을 할 수 있는 경사진 테이블 뒤에 앉도록 하였다. 각 대상자마다 한번의 수의적 구성성 근수축에 의해 들어올릴 수 있는 최대의 무게를 측정한 후 1분의 휴식을 주었다. 이때의 최대 무게를 각 대상자의 1-최대반복(1-repetition maximum, 1RM)으로 설정하고, 대상자가 이 무게에 대해 원심성 수축을 하도록 하였다. 원심성 수축을 위해 실험자는 대상자의 주관절이 완전히 굴곡되도록 최대무게를 올려준다. 이렇게 해서 완전히 굴곡된 위치에서 대상자는 주관절이 완전히 신전될 때까지 가능한 최대로 천천히 무게를 낮추도록 하였다. 그리고 대상자가 더 이상 할 수 없을 때까지 반복하였다. 이러한 방법을 3회 실시하여 DOMS를 유발하였다.

2) 측정방법

가) 운동범위 측정

주관절의 운동범위는 관절 측각계를 이용하였다. 회전축에 대한 기준점은 비우세측 상완골의 외측상과로 하였다. 모든 측정에 있어 주관절이 완전히 신전된 위치를 영점위치로 하여 주관절이 할 수 있는 최대의 각도를 측정하였다.

나) 기계적 통증역치 측정

기계적 통증 역치를 위한 측정부위는 상완이두근의 근전접합부를 촉진한 후 압통을 호소하는 부위로 정하였다. 기계적 통증 역치의 측정은 압력 통증 측정기(J Tech, Medical Inc, USA)를 이용하였다. 통증 역치에 대한 교육을 위해 우세측 손등에 대해 압력 통증 측정기를 적용한 후 압력의 감각이 통증으로 변하는 시점에서 "그만"이라는 소리는 내도록 하여 3회를 실시하였고 1분의 중간 휴식을 주었다. 대상자에 대한 통증 역치의 측정을 담당하는 실험자의 주관적 개입을 피하기 위해 보조 실험자가 측정하도록 하였으며, 냉 적용 대상자와 냉 적용을 하지 않는 대상자의 구분 없이 무작위로 실시였다.

다) 주관적 통증 측정

주관적 통증 측정은 Talag(1983)가 사용한 근통증 척도를 이용하였다. 이 근통증 척도는 0-6점 척도로 되어 있는데 0점은 통증 없음, 1점은 둔하면서 애매한 통증, 2점은 약간 지속적인 통증, 3점은 2점보다 약간 더 아픈 통증, 4점은 확실한 통증, 5점은 매우 아픈 통증, 6점은 참을 수 없는 통증이다

3) 냉 적용

냉의 적용은 냉치료 기기인 CRAIS(Century, USA)를 이용하였다. 냉치료기는 영하 27도까지의 건냉을 분출할 수 있으며 풍속을 자유로 조절할 수 있게 되어 있다. 냉 적용군에 대해서는 5분동안 15mm 직경을 가진 노즐에서 180 l/min 공기로 5cm/sec의 속도로 15cm의 거리를 두고 적용하였다. 위약치료군에서는 풍속을 제일 낮게 적용하고 40 cm의 거리를 유지하여 적용함으로써 실질적인 냉의 효과를 배제하였다.

3. 연구설계

본 실험에 동의한 대상자 30명에 대해 무작위로 대조군 10명, 위약치료군 10명, 냉 적용군 10명으로 분류하였다. 실

협자의 주관성을 배제하기 위하여 실험 보조자를 3명을 두어 DOMS를 유발하는 실험자, 통증과 운동범위를 측정하는 실험자, 냉적용 실험자로 분류하였다. 이중 냉적용 실험자만이 냉적용군과 위약치료군에 대한 정보를 알게 하고 나머지 실험자에 대해서는 대상자에 대한 어떤 정보도 주지 않았다.

DOMS를 유발하기 전 운동범위, 기계적 통증, 주관적 통증에 대한 측정을 먼저 실시하였고 그후 바로 DOMS를 유발하였다. DOMS 유발 후 대조군에 대해서는 5분의 휴식을 주었고 냉적용군과 위약치료군에 대해서는 5분간의 냉을 적용하였다. 대조군에 대한 반응과 냉적용군 그리고 위약치료군에 대한 반응은 DOMS 유발 후 24시간, 48시간, 72시간 후에 적용하였다.

4. 자료분석

연구결과에 대한 자료분석은 SPSS/PC+ 통계프로그램을 이용하였다. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 관절가동범위, 기계적 통증 역치, 주관적 통증은 ANOVA를 이용하였으며 사후검정으로는 Tukey를 이용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

본 연구에 처음 참여했던 37명의 대상자중 자의에 의해 포기한 7명을 제외하고 30명에 대한 실험대상자를 대상으로 DOMS 유발 후 아무런 치료를 받지 않은 대조군, 냉치료를 받은 냉적용군, 위약치료군에 대한 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 관절가동범위의 변화(표 1)

시간 경과에 따른 각 집단내 변화를 보면, 대조군과 냉적용군에 있어 DOMS 유발전 굴곡각도는 24시간 후와 48시간 후에 있어 차이가 있었으며(p<0.05), 72시간 후와는 차이가 없었다. 위약치료군에서는 유발전 굴곡각도는 모든 시간별대에 대해 차이가 있었다(p<0.05).

시간별에 따른 집단간 변화를 보면 유발전과 24시간 후

에 대한 대조군, 냉적용군, 위약치료군과의 굴곡 변화에 대한 차이는 없었으며 48시간 후와 72시간에는 대조군과 냉치료군, 냉치료군과 위약치료군에 있어 굴곡에 대한 차이가 있어(p<0.05), 냉치료에 대한 효과를 보였다.

표 1. 관절가동범위의 변화

	굴곡각도(°)				F	p
	유발전	24시간후	48시간후	72시간후		
대조군	136.20±5.71	127.80±3.36*	129.20±2.25*	130.0±3.46	9.047	0.00
냉적용군	137.70±2.50	131.10±1.66*	134.20±2.25*	138.20±2.39	22.24	0.00
위약치료군	137.10±4.86	128.50±4.42*	128.80±2.44*	132.70±1.77*	12.43	0.00
F	0.27	2.70	13.88	13.76		
p	0.76	0.86	0.00	0.00		

모든 수치는 평균값과 표준편차를 제시하였음

* : P < 0.05

2. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 기계적 통증 역치 변화(표 2)

시간 경과에 따른 각 집단내 변화를 보면, 냉적용군과 위약치료군에 있어 DOMS 유발전 굴곡각도는 모든 시간대에 대해 차이가 있었다(p<0.05). 대조군에서는 유발전 굴곡각도는 48시간 후와 72시간 후에 있어 차이가 있었으며(p<0.05), 24시간 후와는 차이가 없었다.

시간별에 따른 집단간 변화를 보면 유발전, 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후에 있어 대조군 냉적용군 위약치료군 모두에서 별 차이가 없었다.

표 2. 기계적 통증 역치의 변화

	기계적 통증 역치(lb)				F	p
	유발전	24시간후	48시간후	72시간후		
대조군	13.48±3.72	9.60±3.39	8.50±3.02*	8.80±3.11*	4.81	0.06
냉적용군	11.99±0.92	9.56±0.99*	6.35±0.96*	6.76±1.67*	49.50	0.00
위약치료군	12.64±3.26	7.01±2.38*	7.86±2.56*	8.20±2.05*	9.42	0.00
F	0.66	3.64	2.20	1.98		
p	0.53	0.40	0.13	0.16		

모든 수치는 평균값과 표준편차를 제시하였음

* : P < 0.05

3. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 주관적 통증 변화(표 3)

시간 경과에 따른 각 집단내 변화를 보면, 대조군, 냉적용군, 위약치료군 모두에서 DOMS 유발전 굴곡각도는 모든 시간대에 대해 차이가 있었다($p < 0.05$). 시간별에 따른 집단간 변화를 보면 48시간 후에 있어 대조군과 냉치료군, 냉치료군과 위약치료군에서는 차이가 있었으나($p < 0.05$), 나머지 시간대에서는 별 차이가 없었다.

표 3. 주관적 통증 변화

	주관적 통증				F	p
	유발전	24시간후	48시간후	72시간후		
대조군	0.00±0.00	2.70±0.48*	4.60±0.51*	3.60±0.51*	203.61	0.00
냉적용군	0.00±0.00	2.90±1.45*	3.50±0.53*	3.10±0.57*	38.06	0.00
위약치료군	0.00±0.00	2.80±0.79*	4.30±0.67*	3.50±0.53*	103.18	0.00
F	0.10	9.70	2.42			
p	0.90	0.00	0.11			

모든 수치는 평균값과 표준편차를 제시하였음

* : $P < 0.05$

IV. 고 찰

근육통(muscle soreness)은 신체활동의 최후 결과로써 나타나며 지연되어 나타나거나 즉시 나타난다.

즉각적인 불편함은 자유신경종말에 영향을 미치는 대사의 생화학적 최종산물이거나 근허혈에 의한 일시적 저산소증 때문일 것이며 즉각적으로 사라지는 특성이 있으나, DOMS는 근육에서의 불편하고 뻣뻣한 감각이 신체활동에 참가한 후에 종종 나타나며 운동후 24시간에 감각의 강도가 증가하며 24-48시간사이에서는 최대가 되는 특성이 있다(Cleak 과 Eston, 1992). 급성 연부조직 손상에 대한 냉치료는 단일연접 신장 반사의 억압을 통해 근경련의 감소는 물론 염증과 통증도 감소시킨다고 알려졌다(Michlovitz, 1990). Yackzan 등(1984)은 원심성 운동에 의한 지연 발

생 근육통이 근경련을 유발하였다면 그 결과로서 근육의 단축이 일어나고 ROM의 감소를 만들어 낼 것이라는 가정과 초기의 냉적용이 지연 발생 근육통의 진행기보다

효과가 있을 것이라는 가정을 세워 냉마사지의 적용을 실험하였다. 30명의 대상으로 하여금 주관적 통증의 원심성 운동을 수행하게 한 후 ROM의 변화와 근육통의 주관적 감각에 대해 평가했다. 실험군은 3개로 나누어서 운동후 즉시, 24시간 그리고 48시간에 각각 15분 동안 냉마사지를 하였고 조절군은 아무런 치료가 없었다. 연구자들의 가설에서처럼 ROM의 감소가 근육통에서의 증가와 비례했다는 것을 발견했지만 냉적용이 실험군 어디에서도 근육통을 경감시키거나 ROM을 개선시키지는 못하여 초기의 냉적용도 효과가 없다고 결론을 내렸다.

Paddon-Jones와 Quigley(1997)는 원심성 운동 후에 적용한 냉침수욕의 효과를 보았으나 근육통의 감소와 근력회복의 효과를 얻지 못했으며 원심성 운동 후 즉시 적용한 냉치료의 사용은 외상성 근손상 후에 적용한 냉치료의 효과와 같은 유사한 반응을 얻을 수 없었다고 제안했다.

Braun 과 Clarkson(1989)은 7명의 여자 대상자를 상대로 70번의 최대 수의적 원심성 수축에 앞서 25분 동안 상지의 냉침수욕을 실시하였고 운동동안 냉습포를 차고 있게 했다. 반대측 팔을 조절군으로 하였고 치료 없이 원심성 운동을 수행했다. 냉적용에 대한 효과는 등척성 근력, CK의 수치, 이완된 주관절 각도 그리고 주관절의 굴곡 각도로 측정하여 운동 전, 운동 후 즉시, 운동 후 6일 동안 평가되었으나 원심성 운동에 대한 손상 반응을 감소시키지 못했으며 그리고 뚜렷한 변화를 보인 모든 수치들은 운동 후 6일이 지나도 여전히 기준으로 돌아가지 못했다.

본 연구의 결과 DOMS 유발 후 대조군, 냉적용군, 위약치료군 모두에서 시간에 따라 주관적 통증의 감소, 기계적 통증 역치의 감소, 주관적 통증의 증가를 확인하였다. 각 시간대에 대한 실험 대상자간의 비교에서 보면 기계적 통증 역치와 주관적 통증의 정도에는 선행 연구에서처럼 대조군, 냉적용군, 위약치료군 모두에서 별 차이가 없었다. 그러나 선행연구와 달리 주관적 통증의 감소에 있어 48시간 후와 72 시간 후의 시간대에서 대조군과 냉치료군, 냉치료군과 위약치료군에서 유의한 차이를 보였다. 즉, 냉치료가 대조군과 위약치료군에서보다 통증의 폭을 확실히 줄일 수 있었다. DOMS에 의한 통증의 반응은 줄일 수 없었으나 근육의 뻣뻣함에서 오는 운동범위의 감소에 대한 효과는 있었다고 볼 수 있다. 본 연구의 결과가 선행의 연구와 다른 이유는 운동범위의 감소에 대한 비교가 각각의 실험군에 대한 시간 경과별 차이를 보았기

때문이며, 유발전 과 각 시간경과별 차이를 비교한다면 굴곡 범위의 감소가 증가한다는 결론을 얻게 된다. 그러나 본 연구에서와 같이 각 시간대에 대한 실험군간의 차이를 본다면 48시간과 72시간대에서 냉치료군의 굴곡 범위 감소가 적다는 것을 알 수 있게된다.

V. 결 론

본 연구는 냉적용이 DOMS에 의한 운동범위의 감소, 기계적 통증 역치의 감소, 주관적 통증의 증가에 대한 효과를 보고자 30명의 대상자에 대해 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 관절가동범위 변화에서 냉적용군은 48시간후와 72시간 후에서 대조군과 위약치료군에 비해 굴곡범위의 감소가 적었다($p<0.05$).
2. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 기계적 통증 역치 변화에 있어 냉적용은 대조군과 위약 치료군에 비해 차이가 없었다.
3. 시간 경과에 따른 각 집단내와 시간별에 따른 집단간 주관적 통증의 변화에 있어 냉적용은 대조군과 위약치료군에 비해 차이가 없었다.

따라서 본연구를 통해 DOMS에 대한 냉치료는 통증의 경감효과 보다 가동범위의 변화에 효과가 있었다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Abraham WM : Factors in delayed onset muscle soreness, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 9 : 11-20, 1977
- Armstrong RB : Mechanism of exercise-induced delayed onset muscular soreness, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16 : 529-538, 1984.
- Armstrong RB, Ogilvie RW, Schwane JA : Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle, *Journal of Applied Physiology* 54 : 80-93, 1983.
- Asmussen E : Observations on experimental muscle soreness, *Acta Rheumatologica Scandinavica* 2 : 109-116, 1956.
- Braun B, Clarkson PM : Effect of cold treatment during eccentric exercise, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21 : s32, 1989.
- Cleak MJ, Eston RG : Delayed onset muscle soreness; mechanism and management, *J Sports Sci* 10(4) : 325-341, 1992.
- Craig JA, Cunningham B, Walsh DM, ...et al : Lack of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced onset muscle soreness in humans, *Pain* 67 : 285-289, 1996.
- Craig JA, Bradley J, Walsh DM, ...et al : Delayed onset muscle soreness; Lack of effect therapeutic ultrasound in humans, *Arch Phys Med Rehabil* 80 : 318-323, 1999a.
- Davies CTM, Barnes C : Negative(eccentric) work. 1 Effect of repeated exercise, *Ergonomics* 15 : 3-14, 1972.
- Deneger CR, Perrine DH, Rogol AD, Rutt R : Influence of transcutaneous nerve stimulation on pain, range of motion, and cortisol concentration in female experiencing delayed onset muscle soreness, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 11 : 100-103, 1989.
- De Vries : Electromyographic observations of the effects of static stretching upon muscular distress, *Research Quarterly* 32 : 468-479, 1961.
- Francis KT : Delayed muscle soreness, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 5 : 10-13, 1983.
- Friden J, Sfikianos PN, Hargens AR : Muscle soreness and intramuscular fluid pressure : Comparison between eccentric and concentric load, *Journal of Applied Physiology* 61 : 2175-2179, 1986.
- Giamberardino MA, Dragani L, Valente R, ... et al : Effects of prolonged L-Carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric effort, *Int J Sport Med* 17 : 320-324, 1996.
- Hasson S, Mundorf R, Barnes W, Fujii M : Effect of pulsed ultrasound versus placebo on muscle soreness

perception and muscular performance. *Scad J Rehabil Med* 22(4) : 199-205, 1990.

Kumazawa T, Mizumura K : Thin-fibre receptors responding to mechanical, chemical and thermal stimulation in the skeletal muscle of the dog. *Journal of Physiology* 273 : 179-194, 1977.

Macintyre DL, Reid WD, Mckenzie DC : Delayed onset muscle soreness ; The inflammatory response to muscle injury and its clinical implications. *Sports Med* 20(1) : 24-40, 1995.

Michlovitz SL : Thermal agents in rehabilitatoion, ed 2, Philadelphia, F.A. Davis, 1990. Newham DJ, Jones DA, Edwards RHT : Plasma creatine kinase changes after concentric and eccentric muscle concentric contractions. *Muscle and Nerve* 9 : 59-63, 1986.

Paddon-Jones DJ, Quigley BM : Effect of cryotherapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise. *Int J Sports Med* 18(8) : 588-593, 1997.

Yackzan L, Adams C, Francis KT : The effects of ice massage on delayed muscle soreness. *American Journal of Sports Medicine* 12 : 159-165, 1984.