

미세전류 자극 강도에 따른 지연성 근육통의 통증과 관절가동범위에 미치는 영향

■ 김선덕_유성 웰니스 요양병원 물리치료실 ■ 박혜미_성가톨릭병원 재활의학과 물리치료실 ■ 정화수_서남대학교 물리치료학과 대학원

The Comparison of Effect of MC Intensity in Pain and ROM in Delayed Onset Muscle Soreness

Seun-Deuck Kim, PT; ¹Hye-Mi Park, PT; ²Hwa-Su Jung, PT. M.P.T.

Department of Physical therapy, Yuseong Wellness Hospital; ¹Department of Physical therapy, Rehabilitation Medicine, St. Carollo Hospital; ²Department of Physical Therapy, Graduate School, Seonam University

Purpose We investigated the effects of microcurrent(MC) electrical stimulation on each intensity(100 μ A, 200 μ A, 500 μ A - 30pps frequency was same) on delayed onset muscle soreness(DOMS).

Methods Subjects were assigned randomly divided into three groups of eight for three different treatment protocols(100 μ A, 200 μ A, 500 μ A-experimental groups). Twenty-four healthy males and females subjects were participated in this study. All subjects performed eccentric exercise of elbow flexor(biceps brachii) until exhausted. The measured items of elbow flexor muscle strength were Nicholas Manual Muscle Taster(NMMT). The measured items of elbow joint range of motion(ROM) were Goniometer. The measured items of elbow flexor muscle pain were visual analogue scale(VAS). Treatment were applied at 30 minute exercise after and again at 24 hours and at 48 hours and at 72 hours after. Measurements were taken after treatment.

Analysis of results using repeated measures analysis of variance(ANOVA) and post hoc tests were as follows: two-way ANOVA with repeated measurement for muscle strength, flexion ROM, extension ROM and VAS.

Results This results showed eccentric exercise caused DOMS, DOMS response to eccentric exercise were reduces by microcurrent therapy. DOMS was significant decreased at 100 μ A, 200 μ A, 500 μ A. Muscle strength was significant difference at all intensity. Elbow flexion ROM was significant difference at all intensity but elbow extension ROM was insignificant difference at all intensity. VAS score was significant difference at 100 μ A and 500 μ A but insignificant difference at 200 μ A. All experimental groups showed insignificant difference with all intensity MENS.

Conclusion These findings indicate that microcurrent therapy is had effect on recovery from exercise induced muscle damage. In our's suggestion, microcurrent therapy is particularly more appropriate therapeutic modality.

Keywords Delayed onset muscle soreness (DOMS), Microcurrent electrical neuromuscular stimulation (MENS), Eccentric exercise.

논문 접수일 2009년 10월 30일

수정 접수일 2009년 11월 13일

게재 승인일 2009년 11월 25일

교신 저자 정화수, hwasujung@nate.com, 010-2610-7340

I. 서론

통증은 잠재적이고 또는 실제적으로 조직손상과 관련이 있는 감각적, 정서적 경험이며, 불쾌한 감각이고 주관적인 경험이라고 하였다.¹ 인간의 다양한 신체 활동과 자신에게 익숙하지 않는 운동들은 근육통을 유발하며,² 특히 원심성 최대 수축을 요구하는 활동을 실시한 후 흔히 발생한다.³ 이런 근육통은 운동 후 즉시 또는 운동 중에 나타는 급성 근육통(acute muscle soreness)와 운동이 일정한 시간이 지난 다음에 나타나는 지연 발생 근육통(delayed onset muscle soreness; DOMS)이 있다.⁴ 이 지연성 근육통은 24시간 이내에 발생을 하고, 1~2일⁵ 또는 2~3일⁶ 또는 정도가 지나면 최고조에 달하며, 이러한 지연성 근육통은 간헐적이고 강렬한 신체 활동이나 갑작스런 운동 강도의 증가 후에 발생하는 근육통이나 일시적인 뻣뻣함, 근강도의 약화와 관절가동범위의 제한 및 부종을 나타내는 것을 말하고,⁷ 이러한 현상은 운동 후 5~7일 동안 지속되는데 통증부위는 주로 근육의 근 복부(muscle belly)와 근-건 접합부

(musculotendinous junction)에서 느껴 질 수 있다.^{8,9} Newham¹⁰은 근섬유와 결합조직의 파열이 지연성근육통과 관계가 있다고 보고하였으며, Evans¹¹은 근섬유가 짧아지면서 수축하는 경우보다 늘어나면서 수축하는 경우에 근 섬유와 결합조직의 열상이 쉽게 발생하기 때문이라고 하였다. 지연성 근육통을 감소시키는 방법으로 운동 전에 낮은 강도의 준비운동과 정리운동을 실시하거나, 운동 실시 전과 후에 부드러운 신장운동¹²을 실시하고, 지연성 근육통을 치료하기 위해서 소염진통제,¹³ 미세전류 신경근 자극치료,^{14,15} 경피신경자극(TENS)치료,^{16,17} 마사지,¹⁸ 초음파 치료,⁴ 키네시오 테이핑,⁹ 고전압 맥동치료,¹⁹ 냉치료⁴ 등을 이용하였다. 기존에 사용되던 일반적인 전기자극 치료기, 경피신경 전기자극기, 고전압 맥동전류자극기 등은 모두 전류가 밀리암페어(mA)의 단위로 치료를 한다. 그러나 미세전류 신경근 자극치료기는 마이크로암페어(μ A)로 치료하는 것으로서 경피신경 자극치료기에서 사용하는 밀리암페어와는 생체전기에 대한 의미 측면에서 매우 다르다는 것을 알 수가 있고, 상처치료에 대한 미세전류의 높은 효과가 증명되었다.²⁰⁻²² 미세전류는 낮은

전류로서 신체의 미세한 생리적 전류범위 정도이기 때문에 근 수축이 일어나지 않으면서 편안한 감각이 느껴지고, 전기적인 안정성도 우수하며, 또한 부작용도 거의 없으며,²³ 적은 양의 전류만으로도 상처치유촉진과 통증조절에 효과가 있어 급·만성 질환관리에 이용된다.²⁴ Rapaski 등¹⁵은 미세전류 신경근자극의 적용이 지연성 근육통 이후에 나타나는 혈액내의 크레아틴 키나제(creatine kinase)성분의 상승을 방지하는데 효과적이라고 하였다. Wolcot 등¹⁹은 지연성 근육통에 대한 고전압 맥동전류(high voltage pulsed galvanic current)와 미세전류 신경근자극의 효과를 비교한 연구에서 고전압 맥동전류를 가시수축이 일어나기 직전 강도(submotor level)로 적용하였을 때 효과적이었다고 보고하였다. Kulig 등²⁶은 지연성 근육통에 대한 빠른 속도의 운동법과 미세전류 신경근 자극의 효과에 관한 연구에서 두 치료법 모두가 비효과적이었다고 보고하였다.

지연성 근육통에 대한 미세전류 신경근 자극기의 효과는 여러 선행 연구에 의해 밝혀졌지만, 효과적인 강도에 따른 비교는 이루어져 있지 않았다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구들의 결과에 따른 효과적인 강도에 따라 지연성 근육통에 미치는 효과를 알아보기 위해 시행하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 2008년 1월 2일부터 1월 5일까지 총 4일 동안 남원의 S대학교에 재학 중인 건강한 20~34세 남·여 24명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자는 상지의 운동을 제한하는 질환이 없고, 실험 전 일주일 동안 운동으로 인한 비우세성 상지의 근육통을 경험하지 않았으며, 정기적으로 무게 훈련(weight-training)을 하고 있지 않는 자 중 연구에 참여하겠다고 동의한 사람을 대상으로 하였다. 본 연구는 미세전류 자극 강도에 따라 실험집단 1은 100 μ A의 치료집단과 실험집단 2는 200 μ A의 치료집단, 실험집단 3은 500 μ A의 치료집단을 각각 8명씩 무작위로 선정하였다. 본 연구 대상자의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

	실험집단 1(N=8)	실험집단 2(N=8)	실험집단 3(N=8)
나이(세)	26.1± 3.8	24.9±1.6	25.0± 2.5
키(cm)	165.8± 7.4	171.3±9.2	169.1± 8.7
몸무게(kg)	60.4±10.4	66.4±7.1	66.3±11.4

평균±표준편차

실험집단 1: 30 pps, 100 μ A 적용군

실험집단 2: 30 pps, 200 μ A 적용군

실험집단 3: 30 pps, 500 μ A 적용군

2. 실험방법

1) 지연성 근육통 유발방법

연구 대상자의 지연성 근육통을 유발하기 위한 근육은 비우세성 상지의 팔굽관절 굽힘근인 윗팔두갈래근(biceps brachii)이며, 지연성 근육통을 유발하기 위한 운동의 무게를 결정하기 위해 Nicholas Manual Muscle Tester (NMMT01160, Lafayette Instrument Inc., USA)를 사용하여 팔굽관절의 최대 등척성 근력을 3회 측정하여 그 평균값의 50%를 운동에 적용하였다.

지연성 근육통을 유발하기 위한 운동은 N-K table의 측면에 앉은 상태로 굽힘근의 원심성 수축을 위해 굽힘 120°의 자세에서 시작하여, 원심성 운동 1회는 약 5초간 시행되도록 대상자에게 지시하고 구멍을 붙여주었다. 구심성 수축을 방지하기 위해 다시 굽힘 자세를 취할 때는 실험자가 대신 무게를 들어 처음 자세로 위치시켜 주었다. 이러한 운동은 5회를 1 set로 하여 5 set, 총 25회를 실시하고 각 set 사이에는 30초의 휴식 시간을 주었다.

2) 미세전류 적용방법

미세전류 치료기는 EMI[®]-580K (Cosmic CO., Korea)를 사용하였으며, 주파수는 30pps, 교번 극성(alternation polarity; ALT)으로 양극과 음극을 각각 5sec씩 교대하였고, 팔굽관절 굽힘근인 윗팔 두갈래근에 종배치(longitudinal application) 하였다. 전극은 2.5×2.5 cm 크기의 금속전극을 사용하였으며, 피부 위에 전도용 젤을 바른 후 전극을 부착하고 끈(strap)으로 묶은 후에 적용하였다. 전류 강도는 각 군에 따라 각각 실험 1집단은 100 μ A, 실험 2집단은 200 μ A, 실험 3집단은 500 μ A로 적용하였다. 적용 시간은 지연성 근육통 유발직후에 15분간 적용하였다.

3) 측정방법

측정은 VAS와 팔굽관절의 굽힘과 신전의 관절가동범위를 측정하였다. 관절가동범위는 관절각도측정기(Goniometer 7509, Sammons Preston Inc., USA)를 사용하여 측정하였다. 팔굽관절 굽힘과 신전의 관절가동범위를 앉은자세에서 1명의 측정자가 측정자가 오차를 없애기 위해서 측정을 실시하였다. 모든 측정은 지연성 근육통 유발 30분 후, 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후에 총 4번 측정을 실시하였다.

3. 자료분석

근력, 관절가동범위, 통증에 대한 측정값들은 부호화하여 통계처리하였으며, SPSS(ver 12.0)를 사용하였다. 세 집단 간의 운동 후 30분, 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후에 측정된 근력, 굽힘 시 관절가동범위, 펴짐 시 관절가동범위, 통증의 차이를 알아보기 위해 반복 측정된 이요인분산분석(repeated two-way ANOVA)을 사용하였다. 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 각 집단 내의 시간경과에 따른 근력의 변화

각 집단 내의 시간경과에 따른 근력의 변화는 <표 2>와 같고, 분석결과는 <표 3>과 같다. 세 집단 간의 시간별 근력을 비교하였다. 시간과 집단에 대한 교호작용은 나타나지 않았으며, 시간에 따른 근력에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 시간에 따른 근력은 24시간 후 감소하였다가 48시간 후 72시간 후의 순서에 따라 점차적으로 증가하였다.

표 2. 집단별 근력의 변화 (단위: score)

	실험집단 1	실험집단 2	실험집단 3	
근력	30분 후	16.29±7.11	17.04±6.71	18.21±7.00
	24시간 후	12.87±5.78	15.52±7.43	15.86±6.43
	48시간 후	14.36±6.68	15.67±6.88	15.48±6.68
	72시간 후	15.14±6.64	16.23±6.21	16.64±6.85

평균±표준편차
 실험집단 1: 30 pps, 100 μ A 적응군
 실험집단 2: 30 pps, 200 μ A 적응군
 실험집단 3: 30 pps, 500 μ A 적응군

표 3. 집단과 시간 경과에 따른 근력에 대한 반복측정된 이원분산분석표

변인	자유도	평방합	평방평균	F	p
집단	2	62.32	31.16	0.18	0.84
시간	3	82.58	27.53	22.32	0.00*
집단×시간	6	13.27	2.21	1.79	0.12

* $p < 0.01$

2. 각 집단 내의 시간경과에 따른 신전 관절가동범위의 변화

각 집단 내의 시간경과에 따른 신전 관절가동범위의 변화는 <표 4>와 같고, 분석결과는 <표 5>와 같다. 세 집단 간의 퍼짐 시 신전 관절가동범위를 비교하였다. 시간과 집단에 대한 교호작용은 나타나지 않았으며, 집단 및 시간의 주 효과도 유의한 차이가 없었다.

표 4. 집단별 신전 관절가동범위의 변화 (단위: score)

	실험집단 1	실험집단 2	실험집단 3	
신전 관절가 동범위	30분 후	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	24시간 후	0.75±1.39	0.00±0.00	0.58±1.38
	48시간 후	1.13±1.81	0.00±0.00	1.25±2.31
	72시간 후	0.75±1.75	0.00±0.00	0.63±1.77

평균±표준편차
 실험집단 1: 30 pps, 100 μ A 적응군
 실험집단 2: 30 pps, 200 μ A 적응군
 실험집단 3: 30 pps, 500 μ A 적응군

표 5. 집단과 시간 경과에 따른 신전 관절가동범위에 대한 반복측정된 이원분산분석표

변인	자유도	평방합	평방평균	F	p
집단	2	10.15	5.07	1.32	0.29
시간	3	8.08	2.69	2.71	0.05
집단×시간	6	4.35	0.73	0.73	0.63

3. 각 집단 내의 시간경과에 따른 굴곡 관절가동범위의 변화

각 집단 내의 시간경과에 따른 굴곡 관절가동범위의 변화는 <표 6>과 같고, 분석결과는 <표 7>과 같다. 시간과 집단에 대한 교호작용 및 시간에 따른 굽힘 시 굴곡 관절가동범위에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 시간에 따른 굽힘 시 관절가동범위는 24시간 후 감소하였다가 48시간 후 72시간 후의 순서에 따라 점차적으로 증가하였다.

표 6. 집단별 굴곡 관절가동범위의 변화 (단위: score)

	실험집단 1	실험집단 2	실험집단 3	
굴곡 관절가 동범위	30분 후	129.00±4.04	128.75±5.18	132.00±3.85
	24시간 후	126.00±7.33	129.63±5.71	128.12±5.06
	48시간 후	127.25±4.33	128.75±5.60	129.38±4.96
	72시간 후	128.38±4.31	129.63±4.93	129.63±3.81

평균±표준편차
 실험집단 1: 30 pps, 100 μ A 적응군
 실험집단 2: 30 pps, 200 μ A 적응군
 실험집단 3: 30 pps, 500 μ A 적응군

표 7. 집단과 시간 경과에 따른 굴곡관절가동범위에 대한 반복측정된 이원분산분석표

변인	자유도	평방합	평방평균	F	p
집단	2	76.94	38.47	0.44	0.65
시간	3	54.92	18.30	4.15	0.01*
집단×시간	6	55.90	9.32	2.11	0.06

*p < 0.05

4. 각 집단 내의 시간경과에 따른 통증의 변화

각 집단 내의 시간경과에 따른 신전 관절가동범위의 변화는 (표 8)과 같고, 분석결과는 (표 9)와 같다. 시간과 집단에 대한 교호작용은 나타나지 않았으며, 시간에 따른 통증에는 유의한 차이가 있었다 (p<0.01). 시간에 따른 통증은 24시간 후 증가하였다가 48시간 후, 72시간 후의 순서에 따라 점차적으로 감소하였다.

표 8. 집단별 VAS의 변화

(단위: score)

	실험집단 1	실험집단 2	실험집단 3
30분 후	19.75±10.74	20.31±10.16	18.38±9.04
24시간 후	45.44±18.05	51.06±12.66	50.60±14.68
48시간 후	47.94±19.91	47.38±17.18	55.75±21.67
72시간 후	22.75±23.63	12.44±8.24	19.19±19.10

평균±표준편차

실험집단 1: 30 pps, 100 μ A 적용군

실험집단 2: 30 pps, 200 μ A 적용군

실험집단 3: 30 pps, 500 μ A 적용군

표 9. 집단과 시간 경과에 따른 VAS에 대한 반복측정된 이원분산분석표

변인	자유도	평방합	평방평균	F	p
집단	2	325.73	162.87	0.28	0.76
시간	3	24105.26	8035.09	53.22	0.00*
집단×시간	6	872.33	145.39	0.96	0.46

*p < 0.01

IV. 고찰

미세 전류는 낮은 전류로서 전기자극 중 μ A의 범위에서 조직에 감각수준 하 자극을 제공하는 형태를 말하고,²⁸ 신체 자체의 생리적 전류 범위 정도이기 때문에 근수축이 일어나지 않으며, 감각적으로 편안하며 전기적인 불쾌함이 전혀 없고 안정성도 탁월하며, 부작용도 거의 없는 장점을 가지고 있다.^{23,27} 본 연구에서 사용된 미세 전류 자극도 감각적으로 편안하며 전기적인 불쾌함이 없었으며 안정성이나 부작용도 거의 없었다. 이 미세전류는 근막동통의 완화,

상해를 입은 운동선수의 지연성 근육통 치유 및 통증 조절을 위한 목적으로 사용된다.^{1,28} 원심성 운동에 의한 지연성 근육통이 유발된 후 미세전류 신경근 자극치료에 관한 연구는 많이 보고되었으나 선행연구들에서 밝힌 효과적인 미세전류 강도에 대한 비교는 이루어지지 않고 있다. 그러므로 본 연구는 지연성 근육통 유발 후 미세 전류 자극 치료의 강도별 치료가 대상자들의 시간에 따른 근력과 관절가동범위, 팔굽관절 통증 정도의 변화를 알아봄으로써 100 μ A, 200 μ A, 500 μ A 후의 순서에 따라 치료강도의 효과를 알아보고자 하였다.

지연성 근육통은 원심성 운동과 같이 익숙치 않고 강렬한 신체 활동이나 갑작스런 운동 강도의 증가 후 근육통이 8시간에서 24시간 사이에 나타나 48시간 정도에서 최대에 이르며 며칠이 지나면서 근육통이 소실되는데 이 때, 압통, 종창 그리고 관절가동범위 저하와 같은 불편함을 경험하게 되는 것을 말한다.^{3,10,20} 본 연구에서는 지연성 근육통을 쉽게 유발하기 위해서 주관절 굽힘근에 원심성 운동을 실시하였으며, 각 대상자들의 최대 등척성 근력을 기준으로 운동에 적용할 무게(1 RM)를 결정하였다. 주관절 굽힘근의 최대 등척성 근력은 수평식 굽힘 완력 측정방법으로 어깨관절과 팔굽관절을 직각으로 굽힘한 자세에서 측정되었다.²⁹ 지연성 근육통을 유발하기 위해 최대 등척성 근력의 40% 무게를 적용하여 팔굽관절의 선택적인 원심성 운동만이 발생하도록 조작하였다.

오현주 등²⁷ 등의 연구에서는 만성 요통 환자에 대한 미세 전류의 치료 적용이 기능회복에도 의미 있는 효과가 있다고 하였다. 이는 기능 회복을 위한 관절 가동 범위의 회복을 의미하며 이는 통증으로 인한 관절 가동 범위의 제한으로 기능적인 활동이 제한되었다가 시간이 지남에 따라 미세 전류 자극 치료를 받음으로 인해 관절 가동 범위의 증가가 나타났다고 볼 수 있다.

본 연구에서 압통 역치가 가장 낮아진 시점은 운동 24시간 후 이었으며 이후에 72시간까지도 안정시 수준으로는 회복되지 않았다. 이는 최재청³⁰과 윤범철 등³¹의 연구에서 원심성 운동으로 근육통을 유발시킨 후 VAS를 통해 근육통 인지 정도를 알아본 결과, 근육통은 운동 후 24시간 후에 많이 증가하여 최고치를 나타내고, 48시간 이후 점차적으로 감소하여 72시간까지 감소를 하였지만 완전히 회복되지 않았음을 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 또한 오현주 등²⁷의 연구에서는 만성 요통으로 진단 받은 환자를 대상으로 한 실험에서 미세 전류를 이용해서 치료한 집단에서 시간이 지남에 따라 통증의 감소가 나타났음을 보고하였다.

Kulig 등²⁶은 미세전류 신경근 자극기의 자극 강도를 100 μ A와 40 μ A로 달리하여 연구한 결과 100 μ A로 적용한 그룹에서 40 μ A로 적용한 그룹보다 지연성 근육통을 치료하는데 효과적이었다고 보고하였다. 본 연구에서는 앞서 말한 효과적인 강도인 100 μ A와 500 μ A의 효과를 비교하기 위해 시행되었으나, 중간 강도인 200 μ A를

포함한 세 집단 간에 근력과 관절가동범위, 통증에 대한 효과 비교에 선 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 미세 전류 자극 치료의 적용이 효과는 있지만 강도 간에는 별 차이가 없었다는 것을 볼 수 있다.

이상의 결과로 볼 때 팔굽관절 굽힘근에 적용한 원심성 운동은 운동 후 24시간, 48시간에 지연성 근육통을 유발하며 이로 인해 팔굽 관절의 펴짐과 굽힘의 움직임에 제한을 주며 근력의 약화와 통증의 증가를 가져왔다. 또한 시간에 따른 근력과 팔굽관절 굽힘범위, 통증에는 유의한 차이가 있었고, 미세 전류 자극 치료가 통증과 관절 가동 범위, 근력에 효과적인 영향을 주었으나, 미세 전류 자극 치료의 강도 차이에 따른 효과에는 세 집단 간에 차이가 없었다.

본 연구는 건강한 남녀 24명을 대상으로 미세전류 신경근 자극 치료에 세 가지 강도에 대해 연구자가 임의로 선정하여 적용하였다. 그러나 연구대상자의 수가 적어서 이 연구의 결과를 일반화하여 해석하기에는 제한점이 있다고 생각한다. 앞으로의 연구에서는 대상자 수를 더 많이 한 연구와 부차 위치에 대한 연구가 이루어져야 하며 이와 함께 성별에 따른 그 양상의 특징과 치료효과에 따른 후속적이고 부가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 실험적으로 유발된 지연성 근육통의 미세전류 신경근 자극치료(100 μ A, 200 μ A, 500 μ A)를 적용한 후 근력과 관절가동범위, 통증의 변화를 알아보았다. 원심성 운동으로 모든 집단에서 지연성 근육통이 확실히 유발되었으며, NMMT로 측정된 근력은 100 μ A, 200 μ A, 500 μ A에서 모두 유의한 차이가 있었고, 관절각도 계로 측정된 관절가동범위에서 팔굽 굽힘 각도에서 100 μ A, 200 μ A, 500 μ A에서 모두 유의한 차이가 있었으며 VAS로 측정된 통증은 100 μ A, 500 μ A에서 유의한 차이가 있었지만 200 μ A에서는 유의한 차이가 없었다. 그리고 각 집단 간에서 지연성 근육통에 대한 강도별 치료 효과 비교 시에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 미세 전류 자극 치료를 근력과 관절가동범위, 통증의 감소에 효과적으로 사용할 수 있다고 생각된다.

참고문헌

1. Merskey H. Pain terms. A list with definition and notes on usage. Pain. 1979;6:249-252.
2. Kuipers H. Exercise-induced muscle damage. J Sports Med. 1994;15:132-135.
3. Clarkson PM, Bymes WC, McComic KM et al. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. Int J Sports Med.

- 1986;7:152-156.
4. 김상엽. 지연발생 근육통의 냉치료 효과에 대한 연구. 대한물리치료사학회지. 2001;8(2):131-137.
5. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. Sports Medicine. 1989;7:207-234.
6. Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise. 4th ed. Yoeng Mun Publishing Company, 2005:103.
7. Cleak MJ, Eston RG. Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after in-tense eccentric exercise. Br J Sp Med. 1992;26(4):267-272.
8. Francis KT. Delayed muscle soreness. Journal of orthopedic and Sports Physical Therapy. 1983;5:10-13.
9. 배영숙, 김난수. DOMS에 대한 키네스오테이핑의 효과. 대한물리치료사학회지. 2005;17(4):469-476.
10. Newham DT. Eccentric muscle activity in theory and practice. In: Harms-Ringdahl K, ed. Muscle Strength. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1993.
11. Evans WJ. Exercise induced skeletal muscle damage. Physician Sports Medicine. 1987;15:89-100.
12. Buroker KC, Schwane JA. Dose post-exercise static stretching alleviate delayed muscle soreness? Phys Sports Med. 1989; 17:65-83.
13. 송명수, 김동길, 이혜진. 골격근 손상시 항염증제에 의한 혈액 성분의 변화. 대한물리치료사학회지. 2001;8(2):55-61.
14. 김태열, 최은영, 윤희중. 미세전류신경자극이 Delayed onset muscle soreness, 혈청 creatin kinase, 최대 수의적 등척성 수축에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지. 1995;2(3):587-598.
15. Rapaski D, Isles S, Kulig K et al. Micro-current electrical stimulation: Comparison of two protocols in reducing delayed onset muscle soreness. Phys Ther. 1991;71(6):116.
16. Denegar, CR, Perrin DH, Rogol AD et al. Influence of transcutaneous electrical nerve stimulation on pain, range of motion, and serum cortisol concentration in females experiencing delayed onset muscle soreness. J Sports Phys Therapy. 1989;11:100-103.
17. 장정훈, 정동혁. 지발성근육통에 있어서 치료적 스포츠 마사지의 유효성. 대한물리치료사학회지. 2001;13(2):359-371.
18. Zainuddin Z, Newton M, Sacco P et al. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness swelling and recovery. Journal of Athletic Training. 2005;40(3):174-180.
19. Wolcot C, Dudek D, Kuling K et al. A comparison of the effect of high volt and microcurrent stimulation on delayed onset muscle soreness. Phys Ther. 1991;71(6):116.
20. Carley HI, Wanapel SF. Electrotherapy for acceleration of wound healing: Low intensity direct current. Arch Phys Med Rehabil. 1985;66:443-446.

21. Gault W, Gatens P. Use of low intensity direct current in management of ischemic skin ulcers. *Phys Ther.* 1976;56:265-269.
22. Nessler JP, Mass DP. Direct current electrical stimulation of tendon healing in vitro. *Clin Orthop.* 1985;217:303.
23. 정진우. Microcurrent의 통증완화효과에 대한 고찰. *대한물리치료사학회지.* 1991;12(2):195-205.
24. Gerdy MR. *electrotherapy in rehabilitation.* Philadelphia, FA Davis company, 1992;167-168.
26. Kulig K, DeYoung L, Maurer C et al. Comparison of the effects of high-velocity exercise and microcurrent neuromuscular stimulation on delayed onset muscle soreness. *Phys Ther.* 1991;(6):115.
27. 오현주, 김종열, 박래준. 만성 요통 환자에 대한 미세전류자극 치료가 통증 및 기능회복에 미치는 영향. *대한물리학회지.* 2008;3(1):47-56.
28. McMakin CR. Microcurrent therapy. A novel treatment method for chronic low back myofascial pain. *J Bodywork and Movement Therapies.* 2008;8:143-153.
29. 박장성. 경피신경전기자극이 지연성근육통의 교감신경활동에 미치는 영향. *대한물리치료학회지.* 2002;14(1):109-115.
30. 최재청. 원심성 수축 운동후 지연된 근육통과 근력, CPK, ALD의 상관관계에 대한 연구, *대한물리치료학회지.* 1999;11(1):103-110.
31. 윤범철, 이재학, 함용운 등. 마사지 및 극초단파 치료가 원심성 운동으로 유발된 지연성 근육통과 근 손상 지표에 미치는 영향. *대한 물리치료학회지.* 2001;13(2):293-303.