

## 경피신경전기자극이 지연성근육통의 교감신경활동에 미치는 영향

서남대학교 물리치료학과  
박 장 성

### The Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Sympathetic Nerve Activity in Delayed Onset Muscle Soreness

Park, Jang-Sung, P.T., M.P.H.  
Department of Physical Therapy, Seonam University

#### <Abstract>

This study conducts eccentric exercise to non-dominant elbow flexor of 20 normal persons in order to examine the effects of transcutaneous electric nerve stimulation on sympathetic nerve activity in delayed onset muscle soreness, induces delayed onset muscle soreness, divides them into 10 persons respectively as experimental and control groups. And a stimulation for 2 min. with 100 pps is given to elbow flexor after repeated three times of 10 minutes rest, temperature, blood pressure and pulse are measured and as a result of two-way ANOVA, change of temperature didn't show a significant difference according to the elapse of times( $p>0.05$ ) and systolic pressure and pulses in showed a significant difference between experimental and control groups( $p<0.05$ ). These results suggest that transcutaneous electrical nerve stimulation has a direct or indirect influence on sympathetic nerve activity in delayed onset muscle soreness under a restricted condition of electrical stimulation.

#### I. 서 론

급성통증의 일종인 지연성근육통(delayed onset muscle soreness: DOMS)은 격렬한 운동 중이나 운동 직후에 종종 일어나며, 강하고 익숙하지 못한 원심성운동(eccentric exercise) 혹은 과도한 근육사용 후에 근육의 압박과 일시적 강직이 발생하며, 이는 8~10시간 내에 일어나며 24~48시간에 최고에 도달한다(Byrnes 등, 1985; Newham 등, 1987; Clarkson 등, 1988). 근육 내의 근압통과 강직감각은 운동 후 5~7일 동안 지속되며, 이러한 근육통은 주로 근육의 근복부(muscle belly) 전반과 근-건 접합부(musculotendinous junction)에서 느껴질 수 있다(Kisner와 Colby, 1997).

지연성근육통의 발생원인에 대해서는 많은 연구가 진행되고 있으나 아직 밝혀지지 않은 부분이 많다. 초기의 이론인 대사노폐물 축적이론은 운동 이후의 일시적 근육통뿐만 아니라 근육내의 젖산 축적을 제시하였으나, 최근 축적된 젖산을 골격근과 혈액으로부터 모두 제거하는데 소요되는 시간은 운동 후 약 1시간의 휴식을 요구한다고 제시하여 이 이론은 부정되었다(Albert, 1991). 반면에 최근의 연구는 지연성근육통은 근섬유나 결합조직의 퇴행과 피사를 초래하는 수축성 미세손상의 몇몇 형태와 관련되어 운동 후 몇 일 동안 뚜렷해지고 염증과 부종을 동반한다고 하였다(Weber 등, 1994).

지연성근육통의 예방과 치료방법은 아직까지 미약한 상태이다. 장·단기적으로 활동을 하지 않고 특정 운동

을 할 때 발생할 수 있는 지연성근육통을 예방하기란 그리 쉽지 않다. DeVries(1961)는 효율적인 예방법 중 하나는 운동의 강도와 기간을 점진적으로 증가시키고 저강도의 준비운동과 운동 전후에 근육을 부드럽게 신장시켜 증상을 줄일 수 있다고 하였다. 또한 온열치료와 정적 스트레칭, PNF 스트레칭을 실시한 그룹이 냉치료와 정적 스트레칭 및 PNF 스트레칭을 시행한 그룹보다 더욱 효과가 있다고 보고하였다(Prentice, 1982). 남기석 등(1997)은 원심성 운동에 따른 지연성근육통을 대상으로 주관절(elbow joint) 굴곡근에 경피신경전기자극을 저주파수(7Hz)와 고주파수(500Hz)를 적용하여 주관적인 통증과 관절가동범위의 변화에 유의한 차이가 있다고 보고하였다.

경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)은 물리치료 분야에서 오랫동안 통증완화 목적으로 사용되어왔다. 이것은 전류의 강도와 주파수를 적절히 사용하여 피부의 말초지각신경을 자극함으로써 여러 가지 원인에 의한 통증완화나 진통효과를 위해 사용하는 치료방법이다. 1965년 Melzack과 Wall이 발표한 관문조절설(gate control theory)에 의하면 구심성 굵은 신경섬유인 A $\beta$  섬유가 자극되면, 척수후각의 교양질(substantia gelatinosa)세포의 관문이 폐쇄됨으로 구심성 가는 신경섬유인 A $\delta$ 와 C 섬유의 자극이 척수후각에서 차단되어 전달세포(transmission cell)를 자극할 수 없게되어 통각감지가 일어나지 않는다고 하였고, 이 이론에 의해서 A $\beta$  섬유를 선택적으로 자극하여 동통을 완화시키는 자극방법으로 이용되어 진통효과가 높다는 사실이 발견되었다(Wolf, 1978). 또한 Leo 등(1985)은 TENS가 다양하게 발생한 통증을 감소시키는데 효과적이라고 하였다.

Kaufman 등(1983)은 고양이 피부와 근육에 낮은 역치로 전기자극을 하였을 때 교감신경 활성화와 동맥압의 감소를 보였다. 그 결과 대상자에게 관찰되는 정적 운동에 압력반응이 감소하는 것을 볼 수 있었다고 보고하였다. Hollman과 Morgan(1997)은 건강한 사람의 왼쪽 상지에 경피신경전기자극을 적용하여 정적취기를 했을 때 증압성은 감소하였고, 교감신경계의 활성화되었음을 보고하였다. Hansen(1993)은 운동하는 동안 활동근의 혈류량과 전신 동맥압을 시간에 따라 측정하여 최대 등척성수축의 15, 30, 45%에서 각 시간당 혈류량이 증가하였음을 보고하였고, Hansen 등(1994)은 건강한 사람의 팔굽근에 운동 시와 휴식 시 경피신경전기자극을

적용하여 교감신경계 활성화에 신전반사를 보았다. 운동 시 처음 1분 동안은 교감신경계에 변화를 보이지 않았으나 2분 후에 교감신경계에 영향을 주었음을 보고하였다. 그러나 이와는 다른 선행 연구자들은 경피신경전기자극이 교감신경계 활성화 정도에 영향을 미치지 못하거나 저하시키는 경우도 있다고 하였다. 혈관장애를 가진 환자에게 경피신경전기자극을 적용할 때 피부온도가 감소하였다고 Callaghan 등(1978)은 보고하였다. Wong과 Jette(1984)는 경피신경전기자극을 건강한 사람에게 적용하였을 때 피부온도가 감소하였음을 보고하였고, Mulder 등(1991)은 경피신경전기자극을 적용하였을 때 말초혈류량, 피부온도, 혈압, 심박수 등은 교감신경계에 영향을 주지 못했다고 보고하였다. 경피신경전기자극을 적용할 때 말초 교감신경을 자극하여 피부온도를 변화시키는 것을 측정하였는데 유의한 차이를 보이지 않았다고 Nolan 등(1993)의 연구에서 보고하였다.

위의 선행연구들에서 경피신경전기자극이 교감신경계에 미치는 영향에 대한 의견이 다양하므로 본 연구에서는 원심성 운동에 따른 지연성근육통을 대상으로 경피신경전기자극을 하여 교감신경계와 밀접하게 관계되어지는 혈압, 체온, 맥박수, 등의 변화에 어떠한 영향이 미치는지를 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 서남대학교에 재학중인 건강한 성인 남녀 20명을 대상으로 평균연령은 22.77세, 키는 166.20 cm, 몸무게는 58.80 kg 이었다(표 1). 대상자의 선택 기준은 첫째, 심혈관계, 근골격계, 신경계 손상이 없는 자. 둘째, 실험전 운동으로 인한 비우세성 상지의 근육통 경험이 없는 자. 셋째, 정기적인 무게 훈련을 하고 있지 않은 자. 넷째, 경피신경전기자극치료의 금기증에 해당되지 않는 자로 하였고, 이상의 선택기준을 만족하는 대상자 중 연구의 목적을 이해하고 참여하겠다고 지원한 사람들을 대상으로 하였다. 모든 대상자에게 실험 전 1시간 전부터 실험이 끝날 때까지 술, 담배, 식사 등을 금하도록 하였다. 20명의 대상자를 무작위로 나누어 실험군과 대조군에 배치하였다.

표1. 대상자의 일반적인 특성

	실험군(n=10)	대조군(n=10)
나이(세)	22.53±2.14	23.00±2.60*
키(cm)	165.67±6.25	166.72±6.43
몸무게(kg)	58.67±7.45	58.92±6.25

\* 평균±표준편차

## 2. 실험도구

지연성근육통을 유발하기 위한 운동에 적용할 무게를 결정하기 위해, 0.1~199.9kg까지 측정이 가능한 Nicolas Manual Muscle Tester(Lafayette Instrument Inc.)를 이용하였고, 주관절에 원심성운동을 시키기 위하여 N-K table을 사용하였다. 지연성근육통 대상자에게 교감신경의 활동에 영향을 미칠 도구로써 경피신경전기자극기(Enraf Nonius Co., 911 ENS, Netherlands)를 사용하였으며, 전극은 5×5cm 크기의 패드전극을 진도용 겔(gel)을 전극표면에 도포하여 사용하였다. 그리고 교감신경계 활성화를 알아보기 위해 체온을 측정하기 위한 체온계, 맥박수를 측정하기 위한 초시계, 혈압을 측정하기 위한 혈압계를 사용하였다.

## 3. 실험방법

본 연구에서는 건강한 대학생 20명을 2개의 집단에 무작위로 배치하였다. 각 집단은 경피신경전기자극을 적용한 실험군과 대조군으로 구성되었다.

지연성근육통을 유발시킬 비우세손을 결정하기 위하여, 각 대상자들에게 한 손으로 공받기, 한 손으로 서랍 열기, 바늘에 실 끼우기, 가위질, 글씨 쓰기, 망치질, 열쇠 쥐기, 젓가락질, 발톱 깎기, 화장이나 면도질하기 등을 어느 쪽으로 하는지 질문하여 7가지 이상을 한 손으로 행할 때 우세손이라 결정하였고, 연구대상으로는 비우세성 상지의 주관절 굴곡근을 선택하였다.

지연성 근육통을 유발하기 위한 운동에 적용할 무게를 결정하기 위하여 Nicolas Manual Muscle Tester를 이용하여 연구대상자의 비우세성 주관절에 최대 등척성근력(maximal isometric voluntary contraction)을 측정하였다. 최대 등척성근력은 3회 측정하여 그 평균값의 40%를 지연성근육통 유발을 위한 운동에 적용하였다.

지연성근육통의 유발을 위한 운동은 N-K table의 측면에 위치한 의자에 앉은 자세에서 주관절이 약 120° 굴곡 된 상태에서 시작하여 완전히 신전될 때까지 원심성수축을 시행하였다. 비우세성 주관절 굴곡의 원심성수축을 위하여 측정자는 약 120° 굴곡 된 상태까지 무게를 올려주어 대상자의 주관절 굴곡근의 구심성수축을 방지하였다. 주관절의 원심성수축은 1회에 약 10초가 소요되도록 실시하였고, 이때 주관절 굴곡근을 선택적으로 원심성수축을 시키기 위하여 체간의 정렬선을 각 단계마다 유지하도록 교육하였다. 이 운동은 10회를 1단위(bout)로 하여 5단위(총 50회)를 실시하였으며, 각 단위간의 휴식시간을 30초로 하였다.

실험실의 온도는 실험기간동안 20±2°C 정도를 유지하여 교감신경계를 안정시킨다. 그리고 대상자에게 실험 30분전부터 음식을 먹거나 카페인 함유 음료를 마시지 못하게 하였고, 담배를 피우지 못하게 하였으며, 뜨겁거나 차가운 물체를 손으로 잡지 못하게 하였다. 또한 실험 전 대상자를 15분 동안 편하게 누운 자세로 휴식을 취하게 하였다. 실험군은 지연성 근육통을 유발한 24시간 후 경피신경전기자극기(100Hz)를 상완에 적용하여 정적 운동으로 2분을 실행하고, 근피로를 방지하기 위해 10분간 휴식하였다. 이를 3회 반복한다. 대조군은 지연성근육통을 유발한 24시간 후 경피신경전기자극의 적용 없이 실험군과 같은 방법으로 3회 반복한다. 이때 근력, 혈압, 체온, 맥박수 측정은 치료 전, 치료 시, 치료 후, 치료 후 10분에 각각 측정하였다.

## 4. 분석방법

경피신경전기자극을 적용한 집단과 적용하지 않은 집단간의 교감신경계 활동의 변화를 알아보기 위해 이요인 분산분석(two way ANOVA)을 사용하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위하여 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 체온의 변화

지연성근육통을 유발시킨 후 경피신경전기자극을 적

용한 실험군과 적용하지 않은 대조군에서 시간경과에 따른 체온의 변화량은 표 2와 같다. 이를 이원 분산분석한 결과 체온은 시간경과에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실험군과 대조군간에도 유의한 차이를 보이지 않았다(표 3).

표2. 시간경과에 따른 체온의 변화량

(단위 : ℃)

시 간	집 단	대조군	실험군
		평균±표준편차	평균±표준편차
	치료 전	36.04±0.59	36.34±0.49
	치료 중	35.94±0.54	36.26±0.43
	치료 후	35.98±0.75	36.29±0.26
	치료 10분 후	36.27±0.66	36.27±0.66

표3. 시간경과에 따른 체온의 이요인 분산분석

변 인	평방향	자유도	평방평균	F
집 단	0.76	1	0.76	2.92
기 간	0.04	3	0.01	0.05
상호작용	0.42	3	0.14	0.54

#### 2. 혈압의 변화

지연성근육통을 유발시킨 후 경피신경전기자극을 적용한 실험군과 대조군에서 시간경과에 따른 수축기 혈압과 이완기 혈압의 변화량은 표 4와 같다. 이를 이원 분산

분석한 결과 수축기 혈압에서는 시간경과에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실험군과 대조군간에는 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 이완기 혈압은 시간경과에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실험군과 대조군간에도 유의한 차이를 보이지 않았다(표 5).

표4. 시간경과에 따른 혈압의 변화량

(단위 : mmHg)

혈 압	시 간	대조군	실험군
		평균±표준편차	평균±표준편차
수축기혈압	치료 전	112.60± 7.73	114.50±6.93
	치료 중	112.60± 7.24	116.00±7.99
	치료 후	119.80±11.28	110.10±9.65
	치료 10분 후	120.20± 7.81	111.50±8.24
이완기혈압	치료 전	74.00±14.38	66.70±8.33
	치료 중	70.10± 9.92	70.55±6.91
	치료 후	68.10±14.31	66.90±8.68
	치료 10분 후	69.70±10.42	66.30±8.68

표5. 시간경과에 따른 혈압의 이요인 분산분석

	변 인	평방합	자유도	평방평균	F
수축기혈압	집단	1353.01	1	1353.01	18.54*
	기간	277.20	3	92.40	1.27
	상호작용	12.54	3	4.18	0.06
이완기혈압	집단	389.85	1	389.85	1.88
	기간	113.02	3	37.68	0.18
	상호작용	11.95	3	3.98	0.02

\*p<0.05

### 3. 맥박의 변화

지연성근육통을 유발시킨 후 경피신경전기자극을 적용한 실험군과 적용하지 않은 대조군에서 시간경과에 따

른 맥박의 변화량은 표 6과 같다. 이를 이원 분산분석한 결과 맥박은 시간경과에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며, 실험군과 대조군간에는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(표 7).

표6. 시간경과에 따른 맥박의 변화량

(단위 : 회/분)

시 간	집 단	대조군	실험군
		평균±표준편차	평균±표준편차
치료 전		71.70±6.88	67.00±9.20
치료 중		72.60±6.08	68.50±7.20
치료 후		73.50±8.13	67.20±4.66
치료 10분 후		70.20±9.02	65.20±6.56

표7. 시간경과에 따른 맥박의 이요인 분산분석

변 인	평방합	자유도	평방평균	F
집 단	480.20	1	480.20	9.22*
기 간	104.05	3	34.68	0.67
상호작용	15.50	3	5.17	0.10

\* p<0.05

## IV. 고 찰

경피신경전기자극은 통증조절을 주요 기능으로 사용한다. 이를 지지하는 이론 중에서 굵은 신경섬유(A $\alpha$ 와 A $\beta$ )와 가는 신경섬유(A $\delta$ 와 C) 모두가 흥분되면 직접적으로 통증전달세포를 흥분시킨다. 척수 후각에 위치한 제 II 층판에 있는 교양질세포는 연접전 억제를 이루고 굵은 신경섬유의 결가지는 교양질세포를 활성화시켜 연접전

억제를 일으켜 통증전달을 억제한다.

본 연구에서는 지연성근육통을 유발하기 위해서 주관절 굴곡근에 원심성운동을 실시하였으며, 각 대상자들의 최대 등척성근력을 기준으로 운동에 적용할 무게를 결정하였다. 지연성근육통을 유발하기 위해 최대 등척성근력의 40%무게를 적용하였다. 각 집단은 지연성근육통을 유발하기 위한 운동의 적용 후 최대의 통증을 호소하는 24시간 후에 대조군과 실험군에 정적운동을 시키면서 실험군은 경피신경전기자극을 적용하였다.

본 연구는 경피신경전기자극이 지연성근육통을 정상 성인에게 유발하여 경피신경전기자극의 유·무에 따른 교감신경계의 활성화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 실험결과 수축기혈압에서는 경피신경전기자극군이 유의하게 감소하였고, 맥박에서는 치료 10분 후에 유의한 차이를 보였으나( $p < 0.05$ ), 다른 시간에서는 차이가 없었다. 그리고 다른 이완기혈압과 체온에서는 시간에 따른 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

일반적으로 전기자극이 교감신경의 활성을 억제하여 혈관이 확장되는 것으로 알려져 있으며, Schwartz(1991)는 간섭전류자극이 교감신경의 피로를 유발시켜 교감신경의 전도를 차단하고 이에 따라 혈관확장이 일어난다고 하였다. Dooley와 Kasprak(1976)은 척추후근에 경피신경전기자극을 가하고 혈량계를 사용하여 말초동맥의 혈류량을 측정 한 결과 혈류량이 증가했음을 보고하였으며, Leandri 등(1986)은 맥동빈도 100 pps, 감각역치 3배의 강도로 제 2~3 요추부위를 15분간 경피신경전기자극하고 적외선사진으로 자극부위의 온도를 측정 한 결과 온도가 유의하게 증가하여 전기자극이 교감신경의 활동을 억제시켜 혈관확장을 유발시켰다고 하였지만, Wong과 Jette(1984)는 각각 맥동빈도 2 pps, 85pps, 돌발빈도 7bps, 근수축유발 강도로 신문(H7), 내관(P6), 수삼리(LI 10), 함곡(LI 4)을 25분간 경피신경전기자극하고 손가락 끝에서 피부온도를 측정 한 결과 온도가 유의하게 감소하여 전기자극이 교감신경의 활동을 증가시켰다고 보고하였다.

Hollman과 Morgan(1997)은 건강한 대상자들을 각각 경피신경전기자극군과 대조군의 두 집단으로 무작위 배치하여 최대 파워의 25%를 유지하여 실험하였다. 그 결과 경피신경자극군이 대조군에 비해 유의한 차이를 보이며 증압성은 감소하였고, 교감신경계 활성화가 통계학적으로 유의한 차이가 있다고 하였다. Hollman과 Morgan(1997)의 연구와 본 연구의 연구결과와 비교하였을 때, 각 집단 내에서 시간 경과에 따른 근력이 줄어든 것을 동일한 결과를 보였다. 그러나 본 연구에서 수축기혈압이 감소하였다는 것에는 차이를 보이고 있다. Hansen 등(1994)은 건강한 사람의 골격근에 운동 시와 휴식 시 경피신경전기자극을 적용하여 교감신경계 활성화와 심전반사를 보았다. 따라서 지연성근육통을 가진 대상자나 건강한 대상자 사이에 동일한 결과가 나타남을 볼 수 있었다. 그러나 Callaghan 등(1978)은 혈관장애를 가진 대상자에게 경피신경전기자극을 적용하였을 때

는 피부온도가 오히려 감소했다고 보고하였다. 경피신경전기자극을 적용하였을 때 말초 혈류량, 피부온도, 혈압 및 심박수 등의 교감신경계에 영향을 주지 못했다고 보고하였다.

본 연구 결과와 선행 연구자들의 보고가 부분적으로 일치하는 경우도 있었지만 약간의 상반된 견해가 있어 경피신경적자극이 교감신경에 미치는 효과에 대해서는 계속 논란의 대상이 되고 있음을 보여주고 있다. 본 연구 결과에서 혈압과 맥박수는 유의한 차이를 보였고, 체온은 실험전과 크게 변화되지는 않았지만, 앞으로 경피신경전기자극 적용 시에 측정하는 체온, 수축기혈압, 이완기혈압 및 맥박을 동시에 측정하여 좀더 많은 대상자를 선택하여 정상인과 함께 비교 분석이 필요하다고 생각된다.

## V. 결 론

지연성근육통을 대상으로 경피신경전기자극이 교감신경계의 활동에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 정상인 20명을 비우세손의 주관절 굴곡근에 원심성운동을 실시하여 지연성 근육통을 유발한 뒤 실험군과 대조군으로 각각 10명씩 나누어 실험군 대상자에게 주파수 100pps의 조건으로 주관절 굴곡근에 2분 동안 자극하고 10분 휴식을 3회 반복 실시하여, 체온과 혈압 및 맥박수를 각각 측정하여 이원분산분석한 결과 시간경과에 따른 체온의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았으며( $p > 0.05$ ), 수축기 혈압과 맥박 수에서는 실험군과 대조군간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 전기자극의 제한된 조건하에서 지연성 근육통을 대상으로 경피신경전기자극이 교감신경계의 활성화에 직접 또는 간접적으로 영향을 주었음을 시사하고 있다.

## < 참고 문헌 >

- 남기석, 이윤주, 김종만 : 지연성 근육통에 대한 경피신경자극의 효과. 한국전문물리치료학회지. 4(3):70-83, 1997.
- Albert, M : Eccentric Muscle Training in Sports and Orthopedics. Churchill-Livingston, New York, 1991.

- Byrnes WC, Clarkson PM, White JS, et al : Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *J Appl Physiol*. 59(3):710-715, 1985.
- Callaghan M, Sterbach RA, Nyquist JK, et al : Changes in somatic sensitivity during transcutaneous electrical analgesia. *Pain*. 5:115-127, 1978.
- Clarkson PM, Tremblay I : Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *J Appl Physiol*. 65(1):1-6, 1988.
- DeVries HA: Electromyographic observations on the effects statics stretching has on muscular distress. *Research Quarterly*. 32:468, 1961.
- Dooley DM, Kaspark M: Modification of blood flow to the extremities by electrical stimulation of the nervous systems. *South Med J* 69(10):1309-1311, 1976.
- Hansen J, Amtorp I, Jacobsen TN : The exercise pressor response to sustained handgrip does not augment blood flow in the contracting forearm skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*. 43(4):419-425, 1993.
- Hansen J, Thomas GD, Jacobsen TN, et al : Muscle metaboreflex triggers parallel sympathetic activation in exercising and resting human skeletal muscle. *Am J Physiol*. 35:H2508-H2514, 1994.
- Hollman JE, Morgan BJ : Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on the pressor response to static handgrip exercise. *Phys Ther*. 77:28-36, 1997.
- Kaufman MP, Lonfurst JC, Rybicki KJ, et al : Effect of static muscular contraction on impulse activity of groups III and IV afferents in cats. *J Appl Physiol*. 55(1):105-112, 1983.
- Kisner C, Colby LA : *Therapeutic exercise: Foundation and Technique*, third edition, 73, 1997.
- Leo KC, Dostal WF, Bossen DG, et al : Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation characteristics on clinical pain. *Phys Ther*. 66:200-205, 1985.
- Leandri M, Brunetti O, Parodi CI : Telethermographic finding after transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther*. 66(2):210-213, 1986.
- Mulder P, Dompeling EC, Boor JC, et al : Transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) in raynaud's phenomenon. *Angiology*. 42:414-417, 1991.
- Newham DJ, Jones DA, Clartson PM : Repeated high-force eccentric exercise effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol*. 63(4):1381-1386, 1987.
- Nolan MF, Hartsfield JK, Witters DM, et al : Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation in the convention and burst mode to alter digital skin temperature. *Arch Phys Med Rehabil*. 74:182-187, 1993.
- Prentice WE: An electromyographic analysis of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 3:133-140, 1982.
- Schwartz RG: Electric sympathetic block : methods of measurement and a study assessing its effectiveness. *Adv Ther* 7(5):289-291, 1991.
- Weber MD, Servedio F, Woodall WR. The effect of three modalities on delayed onset muscle soreness. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20:236-242, 1994.
- Wolf SL: Perspectives on central nervous system reponsiveness to trancutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther*. 58:1443-1449, 1978.
- Wong RA, Jette DU : Changes in Sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther* 64(4): 478-482, 1984.