

## Burst형과 고빈도형 경피신경전기자극치료가 실험적 동통역치와 체온에 미치는 영향 비교

안동전문대학 물리치료과 · 한서대학교 재활치료학과\* · 원광보건전문대학 물리치료과\*\*

김선엽 · 최홍식\* · 권오윤\*\*

### A Study Comparing the Effects of Burst Mode and High Rate Mode Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Experimental Pain Threshold and Skin Temperature.

Kim, Suhn Yeop, R.P.T., O.T.R., M.P.H., Choi, Hong Sik, R.P.T., M.P.H.\*  
Kwon, Oh Yun, R. P. T., M. P. H.\*\*

*Dept. of Physical Therapy, An Dong Junior College*

*Dept. of Rehabilitation Therapy, Hanseo University\**

*Dept. of Physical Therapy, Won Kwang Public Health Junior College\*\**

#### — ABSTRACT —

We randomly assigned 61 healthy subjects(male 14, female 47) to compare the experimental pain threshold and skin temperature between high mode TENS and burst mode TENS. In this study, 61 subjects were divided into three groups ; high mode TENS(n=20), burst mode TENS (n=20), and control group(n=21). Experimental pain thresholds and skin temperatures were measured before, immediately after cessation of stimulation, and at 30 minutes post stimulation. Stimulation was applied to the dorsal surface of the forearm(L14, LI10). Pain thresholds were measured by chronaxie meter. Skin temperature were measured by electrical digital thermometer.

The results are as follows ;

1. There were no statistical difference in the pain threshold and skin temperature at before TENS stimulation among the three groups( $p>0.05$ ).
2. The pain threshold and skin temperature in burst mode TENS group was significantly higher and longer effect than that in high mode TENS group and control group( $p<0.01$ ).
3. The pain threshold in burst mode TENS group decreased to prestimulation levels by 30 minutes poststimulation.

4. The skin temperature in burst mode TENS group decreased to prestimulation levels by 20 minutes poststimulation.
5. The skin temperature was significantly difference among three group at immediately after, and at 30 minutes poststimulation and the skin temperature in burst mode TENS group was significantly higher than that in two groups( $p < 0.001$ ).
6. The increasing rate of pain threshold in high mode TENS group after immediately cassation of stimulation was 24.3%( $p < 0.001$ ).
7. The increasing rate of pain threshold in burst mode TENS group after immediately cessation of stimulation was 93.5%( $p < 0.001$ ).

Key Words : Transcutaneous electrical nerve stimulation, Burst mode, Skin temperature, Pain threshold.

## 차 례

### I. 서 론

### II. 실험 및 분석방법

1. 실험 대상자
2. 실험 과정

### III. 연구결과

1. 실험 대상자의 일반적인 특성
2. 실험군별 실험 전, 후의 동통역치 비교
3. 실험군별 실험 전, 후의 체온 비교
4. 성별 실험전과 실험직후간 동통역치의 비교
5. 성별 실험전과 실험직후간 체온의 비교
6. 시간 경과에 따른 세 군별 동통역치의 변화 정도
7. 시간 경과에 따른 세 군별 체온의 변화
8. 성별 실험군별 실험 후의 동통역치와 체온 차이 검증

### IV. 고 찰

### V. 결 론

참고문헌

## I. 서 론

경피신경전기자극치료기(transcutaneous electrical nerve stimulation, 이하 TENS로 함)는

우리나라 뿐만 아니라 의료 선진국에서도 온습포, 냉습포, 마사지, 견인치료, 운동치료등과 더불어 가장 많이 사용되어지는 치료방법이라고 할 수 있을 것이다. 이 치료법은 또한 유해하지 않으면서 중독되지 않고 동통을 치료한다는 점에서 물리치료 분야에서 호평 받고 있다<sup>1)</sup>. 그리고 이러한 TENS를 이용한 다양한 치료적 시도와 연구가 계속 되어지고 있다. TENS치료의 방법을 자극조건에 따라 크게 분류해 보면, 전통적인 방법인 고빈도 저강도형 TENS(40~150Hz, 50~100  $\mu$ s), 침술과 비슷한 효과를 나타내는 저빈도 고강도형 TENS(1~4Hz, 100~400  $\mu$ s), burst형(1~4burst/sec, 100~250  $\mu$ s), 그리고 과자극(hyperstimulation)형(1~4Hz, 10~500ms)으로 구분할 수 있다. 이외에도 brief intense형과 변조(modulation)형 등이 있다.

TENS의 사용시에 가장 적절한 치료가 되게 하기 위한 자극조건을 설정하는데는 아직도 논란이 많이 되고 있다. 하지만 일반적인 선택되어지고 있는 자극조건에는 자극 주파수, 자극 통전시간, 전류의 파형, 전극의 부착 부위, 치료시간, 주파수 변조 등이 있다<sup>1)</sup>. TENS치료시에 주로 선택되어지는 자극조건은 치료 목적에 따라 다양하게 조절할 수 있으며, 현대의 치료기들은 이러한 자극 조건을 자유로이 조절할

수 있게끔 디자인 되어 있다. 전기 자극파의 통전시간(pulse duration, pulse width)은 주로 60~150  $\mu\text{sec}$ 가 일반적이라 할 수 있는데, 너무 짧은 통전시간으로는 만족할 만한 결과를 얻기 힘들며, 200  $\mu\text{sec}$  이상의 통전시간은 운동신경을 자극에 근수축을 일으키게 된다. 치료 주파수는 대개 50Hz 이상인 80~100Hz의 주파수를 선택하는 경우가 많다<sup>30)</sup>.

TENS의 자극 주파수는 다시 이 치료기의 개발 초기부터 사용되어져 온 고전적인 방법이라 할 수 있는 고빈도 저강도(high rate, low intensity)형과 전자보다는 최근에 많이 연구되어지고 있는 저빈도 고강도(low rate, high intensity)형으로 구별할 수 있을 것이다. 고빈도 저강도형은 TENS의 이론적인 배경이 되고 있는 Melzack과 Wall(1965)의 척수 관문 기전(spinal gating mechanism)에 기초를 두고 있으며, 주로 75~100Hz의 주파수와 통전시간이 200ms이하인 자극조건을 뜻한다. 이 모드에서는 주로 직경이 큰 감각신경섬유들을 선택적으로 자극할 수 있다. 실제 자극시 진통효과를 얻기 위해서는 자극강도를 감각역치수준의 약 2~3배의 강도를 선택하는 것이 효과적이다<sup>8)</sup>.

연구자들에 따라 선택 되어지는 고빈도 TENS의 자극 조건은 약간의 차이는 있으나 대개 주파수는 약 80Hz 정도이며, 통전시간은 40~60  $\mu\text{sec}$  정도이다. 전통적인 방법에서 전기적 자극의 강도는 근육의 수축을 일으키지 않는 범위에서 적용하고 있다. 고빈도 자극으로는 진통효과가 빨리 나타나나 효과가 지속되는 시간이 짧다. 이에 반해 저빈도 자극은 진통효과가 조금 지연되어 나타나나 그 효과는 고빈도 자극에 비해 효과 지속시간이 더 길다고 알려져 있다. 고빈도 자극시 치료강도는 환자에게 편안한 느낌을 주는 정도로 기준을 잡고 있으나, 고전적인 방식에서는 근수축을 일으키지 않는 정도의 강도를 제공한다. 이에 비해 저빈도 자극은 근육에 수축이 일어날 정도의 강도로 자극하여 감각 자극 뿐만 아니라 근육의 수축으로 인한 근력의 증강과 조직내의 마사지

효과의 잇점도 얻을 수 있다.

저빈도 고강도형은 내분비설(endogenous theory)에 의해 많이 설명되고 있으며, 자극 조건은 주로 1~4Hz의 주파수와 200~300  $\mu\text{s}$ 의 통전시간을 사용하고 있다. 이 자극으로는 감각신경과 운동신경을 모두 자극할 수 있으며, 자극부위는 동통이 나타나거나 관련된 감각 피부절(dermatome)에 적용하는 고빈도 저강도형에 비해 이 모드는 동통이 발생하는 부위나 관련된 근절(myotome)에 적용하는 것이 효과적이다. 그외에 침점(acupuncture point)을 사용하는 경우가 점차 증가하고 있다. 자극강도는 근연축이 발생될 정도나 감각역치의 3~4배의 수준으로 자극하는 것이 효과적이며, 이 효과는 자극 후에 약간의 잠복기, 즉 약 30~45분 정도 지난 후에 발생하는 것이 보통이다.

이 저빈도 자극과 비슷한 효과를 나타내는 것이 burst형 TENS이다. 이 모드는 "pulse trains"라고도 하는데, 많은 치료기들은 이 돌발(burst)자극을 초당 한 번 내지 네번 정도의 저빈도로 자극하게끔 고안되어 있다. 이 방법은 고빈도 자극에서 보다 진통효과가 더 오래 지속되는 경향이 있다. 그러나 저빈도자극과 함께 30분 이상 자극시 근육의 피로로 인한 불쾌감을 나타내는 단점도 있다. 이 burst파는 연속적인 고빈도 자극이나 저빈도 자극을 대개 초당 2회 정도로 단속하여 흘려 보내는 형식을 취하고 있다. 이 파형의 효과는 결국 기본적으로 사용하고 있는 고빈도 자극에 의한 효과와 초당 2회의 burst자극이 환자에게는 마치 저빈도 자극과 같은 영향을 줄 수 있다.

Brief intense형 TENS는 간단히 말해 고빈도, 고강도의 자극조건을 선택한 방법이다. 주파수는 사용하는 기계의 최대 주파수로 통전시간이 약 200  $\mu\text{sec}$ 인 파로 15분 정도의 치료를 하는 방법이다. 또 하나의 방법으로 변조(modulation)형 TENS는 자극조건들 중 즉, 주파수나 통전시간 또는 치료 강도 중 하나만을 선택하여 시간에 따라 변화되도록 조절된다. 이것은 간혹 환자에게 치료시 마치 마사지와 비슷

한 감각을 얻을 수 있다.

전류의 파형(waveform)은 일반적으로 한 파장에서 음전기와 양전기가 한 번 바뀌는 이상파(biphasic pulse)를 사용하고 있으나, 하나의 극성만을 띤 전류가 흐르는 단상파(monophasic)나 두 이상 극성이 변경되는 다상파(polyphasic)을 사용하는 경우도 많다. 이러한 종류들의 파형들은 다시 각 파의 모양에 따라 구별될 수 있다. 파의 형태에 따라 예를 들면 톱니(sawtooth)모양, 직각(rectangular)모양, 스파이크(spike)모양, 정현(sinusoidal)파형 등이 있으며 그 외에도 각 파형을 변형시킨 형태가 있다. 또 하나는 이상파나 다상파의 경우 파형을 대칭형 또는 비대칭형으로 구분할 수도 있다.

통전시간은 전기치료의 효과에 영향을 줄 수 있는 매우 중요한 요소중에 하나이다. 이것은 감각신경 혹은 운동신경을 선택적으로 자극할 수 있게 한다. 예를 들면 통전시간이 125ms인 전류로는 A-beta섬유를 최대로 자극할 수 있으며, C섬유나 운동신경에는 적은 영향을 준다 는 것이다.

주파수의 변조(modulation)는 환자에게 가해지는 전기자극에 의한 불쾌감을 조절과 내성으로 인한 영향을 감소시키기 위한 변수로 사용되고 있다. 이것은 초당 환자에게 가해지는 자극의 빈도를 증가 또는 감소시킴으로 조절하며, 장시간의 치료시 신경의 피로나 근육의 감축을 감소시킬때 사용되기도 한다.

이외에도 전통적인 자극조건에서 탈피한 여러가지의 변수를 고려한 치료방법들이 최근에 많이 소개되어지고 있다.

여러 임상질환 혹은 동통 완화를 필요로 하는 경우에 경피신경전기자극치료를 적용하여 그 효과를 분석한 연구로는 TENS치료가 분만시 동통에 미치는 영향에 관한 연구<sup>2, 13)</sup>, 그리고 재왕절개 수술후에 동통치료<sup>9)</sup>, 길리안-바레증후군(Guillain-Barre' syndrome)의 동통관리<sup>15)</sup>, 말초신경병변으로 인한 동통<sup>7)</sup>, 인대 염좌에 대한 치료<sup>24)</sup>, 요통환자에 대한 치료<sup>16)</sup>, 하복부의 동통치료<sup>18)</sup>, 인공심장박동기 착용환자의

TENS치료방법<sup>27)</sup>, 흉부절개술 후에 TENS치료가 vital capacity에 미치는 영향<sup>29)</sup>, Harrington rods를 이용한 척추수술 후에 동통치료<sup>10)</sup> 등이 있다.

본 실험연구의 목적은 물리치료 분야에서 광범위하게 사용되어지고 있는 경피신경전기자극 치료기에서 이용되어지고 있는 다양한 종류의 자극조건 중 일반적으로 사용되어지고 있는 전통적인 방법의 고빈도 저강도형의 자극과 현재 일반화 되어있지는 않은 burst형 자극이 정상인에게 실험적으로 발생시킨 동통의 역치와 체온의 변화에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다.

## II. 실험 및 분석방법

### 1. 실험 대상자

본 실험의 대상자 선정시 기준은 신경이나 근육에 이상이 나타나는 문제를 일으키는 질환이 없거나, 비정상적인 촉각과 압력 감각을 나타내는 대상자 또는 현재 진통제와 같은 약물을 복용하고 있는 사람들을 제외하고, 과거에 전기자극치료를 받은 경험이 없는 신체 건강한 65명의 자원자를 대상으로 하였다. 본 실험전에 5명의 대상자에게 예비실험을 실시하여 여기서 나타난 문제점을 수정 보완하여 본 실험을 실시하였다. 실험 기간은 1995년 5월 10일부터 동년 6월 5일까지 실시하였다. 실험자는 안동전문대학 물리치료과에 재학 중인 3학년 학생 3명의 자원자를 대상으로 일주일간의 훈련을 한 후 연구자와 함께 실험하였다. 실험시에 실험자간의 오차를 줄이기 위해 연구자 1인이 동통역치를 측정하는 등의 실험단계를 세분화하여 분담하여 실시하였다. 최종 실험결과 분석은 실험 도중 사정으로 중단한 4명을 제외한 총 61명(남자 14명, 여자 47명)을 대상으로 하였다.

### 2. 실험 과정

실험 전 준비단계로서 각 실험 대상자에게

검사 당일에 심한 육체적인 활동을 하지 않도록 하였고, 검사 전에 충분한 휴식을 취하도록 하였다. 검사는 바로 누운 자세에서 실시하였고, 이 자세에서 환자에 따라 가장 편안한 자세를 취하게 하였다. 실험 중에 외적 영향을 최대한으로 줄이기 위해 외부인의 출입을 금한 조용한 실습실에서 실험을 시행하였고, 실험 당시 실험실의 온도는 평균 23.28 °C(표준편차 1.18)였다.

실험 방법은 세 군 모두 준비가 끝나면 먼저 자극전 동통역치와 체온을 측정한다. 측정은 3회 실시하여 그 수치의 평균을 실험결과로 설정하였다. 동통역치 검사부위는 모두 우측 요골의 경상돌기로 하였다. 검사전에 이 부위를 알코올로 깨끗하게 씻었다. 동통역치 측정은 시지침사기(chronaxie meter CX-2, OG Gikin, Japan)를 이용하였고, 이 장치의 자극조건은 파형이 직각파인 단속평류전류로 통전시간은 300ms로 설정하였다. 전극의 배치는 하나는 상완의 후면부에 고정하고 다른 전극으로 우측 요골의 경상돌기에 대고 검사하였다. 검사자는 환자에게 전기자극 전에 일반적으로 느끼게 되는 자극의 감각을 알려주었다. 먼저 전기자극에 자극부위를 톡톡 치는 듯한 느낌이 들다가 바늘로 꼭꼭 찌르는 듯한 느낌이 들면 그때 “그만!”이라고 말하라고 하였고, 이때를 동통역치라고 가정하였다. 이와 같은 검사를 3회 반복하여 얻은 수치의 평균을 각 자극파에 의한 동통역치 수준으로 하였다.

본 실험에서 사용한 전기자극은 경피신경전기자극치료기(ENRAF, TENS MED II, Netherlands)를 사용하였다. 이 자극기의 기본사양으

로 통전시간은 50~250  $\mu$ s까지 조절 가능하며, 파의 모양은 양극, 음극의 자극시간이 동일한 직각파(rectangular pulse)이다. 주파수는 1~100Hz까지 가능하며, ‘burst’ 기능을 보유하고 있다. 이 모드는 70ms의 자극파가 초당 2회(2Hz) 자극되도록 지정되어 있다. 자극강도의 조절은 0~80mA까지 가능하며, 2중 채널(dual channel)로 되어 있어 동시에 두 부위를 치료할 수 있게 되어 있다. 체온 측정도구로는 전자 디지털 체온계(electrical digital thermometer, model TM99A, USA)를 사용하였다. 이 도구의 측정 범위는 -40 °C에서 150 °C(-40~300 °F)이다. 온도감지기는 직경이 약 12mm 정도인 원형인 센서이며, 이 감지기는 TENS 자극시에 부착한 우측 하완에 두개의 전극 사이에 중간 부위가 되는 위치에 종이테이프를 고정하여 실험단계에 따라 체온의 변화를 측정하였다. 측정시에는 3회 반복 측정하여 그 평균값을 이용하였다.

실험방법에 따른 각 군간의 자극조건은 표 1과 같다.

각 실험군 별 실험조건으로는 먼저, 고빈도군에서 사용한 전기자극의 조건은 통전시간은 200  $\mu$ s이고 주파수는 100Hz인 파이며, 파형은 직각파로 설정하였다. 자극부위는 우측 상지의 주관절 부위와 관련된다고 알려져 있는 수삼리(LI10)와 합곡(LI4)을 자극점으로 선정하였다. 자극의 강도는 근육에 최소가시수축이 촉진되지 않을 정도의 강도로 자극하였으며, 자극강도의 증가는 초당 0.5mA를 올리는 속도로 상승시켰고, 시작 후 5분후에 다시 환자의 느낌을 물어 보고 다시 조정하였다. 그 후에는 그

표 1. 세 군별 전기자극 조건

실험군	인원수	자극조건	전기 자극 부위
고빈도군	20	100 Hz, 200 $\mu$ s	LI10(수삼리), LI4(합곡)
Burst군	20	100 Hz, 200 $\mu$ s, 2 burst/sec, 70 ms	손목관절 신전근 원위부
대조군	21	아무런 자극을 주지 않은 군	

강도를 계속 유지하였다. 자극은 30분간 지속하였다. 자극시간은 초시계로 정확히 측정하였다. 자극이 끝나면 자극전에 측정한 방식대로 동통 역치와 체온을 측정하였다.

Burst군에서는 고빈도에서 사용한 전기자극 조건에 burst mode을 첨가시켰다. 이 mode의 주파수가 2Hz인 burst파를 사용하였으며, 자극 전 검사방법을 고빈도군과 같으며, 자극강도는 자극부위의 근육에 최소가시수축이 관찰될수 있을 정도 이상의 강도로 자극하였으며, 자극강도조절은 고빈도군과 같은 방식으로 하였다. 자극점은 요골부위에 있는 손목의 신전근의 원위부와 요골의 외측상과 부위에 신전근 근위부를 자극점으로 설정하였다.

대조군은 고빈도군과 burst군의 실험조건 중 자극 전,후의 동통역치와 체온만을 측정하고 자극시간인 30분 동안은 침대에 누운 상태로 휴식을 취하게 하였다.

실험의 결과를 분석하기 위해 자료를 부호화한후 SPSS/PC<sup>+</sup>를 이용하여 분석하였고, 모든 분석 결과에 유의성 검증을 위해 통계학적 유의도를 0.05수준으로 설정하였다.

분석시 이용한 분석방법으로는 실험 대상자의 실험군별 일반적인 특성을 기술분석(descriptive analysis)과 빈도(frequency)분석을 이용하였고, 세 실험군간에 실험전, 후 그리고 시간적 변화에 따라 군간에 차이를 검증하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)를 시행

하였으며, 유의한 차이가 있을때 사후검증(post-hoc)을 하기 위해 Student-Newman-Kuels검증을 실시하였다. 각 군간마다 실험후의 각각 시간별로 실험전의 동통역치와 체온에 차이가 있는가를 검증하기 위해 짝비교 T검증(paired T-test)방법으로 분석하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 실험 대상자의 일반적인 특성

본 실험을 위해 실험대상자들을 고빈도형 TENS를 적용시킨 군은 고빈도군으로, burst형 TENS를 적용 시킨군은 burst군으로, 아무런 처치를 하지 않은 군을 대조군으로 구분하여 임의로 배치하였다. 군별 실험대상자의 수는 고빈도군과 burst군에 각각 20명, 대조군에 21명이었다. 본 실험에 참가한 인원수는 총 61명이었다.

실험대상자의 군별 연령 분포는 고빈도군이 평균 21.2세였고 burst군이 20.4세, 대조군이 20.9세였다. 평균 신장은 고빈도군이 163 cm, burst군이 165.7 cm였고, 대조군이 159.9 cm이었다. 체중은 고빈도군이 평균 55.7 kg였고, burst군이 58.2 kg, 대조군이 52.5 kg이었다(표 2).

세 군간의 실험조건에 따른 군간의 동질성을 규명하기 위해 군간에 연령, 신장, 체중(표 2)

표 2. 실험 대상자의 실험군별 일반적인 특성 (단위 : 평균 ± 표준편차, N = 61)

변수	구분	고빈도군	Burst군	대조군	F값	P값
연령 (세(만))	남자	28.2±5.1	21.1±2.0	21.7±1.5	0.555	0.577
	여자	19.9±1.0	19.8±1.0	20.8±2.3		
	계	21.2±3.6	20.4±1.6	20.9±2.2		
신장 (Cm)	남자	173.7±2.1	170.1±5.1	171.7±6.5	2.295	0.110
	여자	161.1±5.1	162.7±3.6	159.9±4.2		
	계	163.0±6.6	165.7±5.6	161.6±6.1		
체중 (Kg)	남자	66.7±3.5	63.5±11.5	59.7±8.1	3.042	0.055
	여자	53.7±4.2	54.6±4.3	51.3±5.7		
	계	55.7±6.2	58.2±8.9	52.5±6.6		

그리고 실험전에 실험적 동통 역치, 체온등의 차이를 비교한 결과(표 3), 통계학적으로 유의한 차이가 없어 실험군간에 대상자들의 생리학적 조건이 같은 조건하에서 본 실험을 시행하였다.

### 2. 실험군별 실험 전, 후의 동통역치 비교

세 군간에 실험전, 실험직후, 실험후 10분, 20분 후, 30분 후에 각각 측정한 동통 역치에 차이가 있는가를 검증한 결과(표 3), 실험 후 30분이 될 때까지 동통 역치는 세 군간에 유의한 차이가 있었다( $P < 0.001$ ). 실험 직후 세 군간에 특히 어떤 군간에 차이가 뚜렷한가를 알아보기 위해 사후 검증을 실시한 결과, burst군은 고빈도군과 대조군보다 동통 역치가 유의하게 높았다( $P < 0.05$ ). 이러한 현상은 실험 후 10분, 20분, 30분이 될 때까지 계속 같은 양상

을 보였다.

### 3. 실험군별 실험 전, 후의 체온 비교

실험군간에 실험전 동질성을 알아보기 위해 실험전의 세 군별 평균 체온의 차이를 비교한 결과 세 군간에 유의한 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 실험 후 세 군간에 체온의 차이는 실험 후 30분을 제외하고는 모두 세 군간에 유의한 차이가 있었다. 실험 직후에는 burst군이  $35.7^{\circ}\text{C}$ 로 다른 두 군보다 유의하게 높았으며( $P < 0.001$ ), 실험 후 10분, 20분에도 비슷한 양상으로 burst군에서 체온이 가장 높았다( $P < 0.05$ ).

### 4. 성별 실험전과 실험직후간 동통역치의 비교

남여간에 세 군별로 동통역치의 실험전, 후에 차이가 있는 가를 분석한 결과 표. 5와 같

표 3. 실험군별 실험 전, 후의 동통역치 비교 (단위 : mA  $\pm$  표준편차, N = 61)

변 수/실험군	고빈도군	Burst군	대조군	F값	P값
실험전	1.77 $\pm$ 0.54	1.99 $\pm$ 0.73	2.11 $\pm$ 1.35	0.703	0.499
실험직후	2.20 $\pm$ 0.96	3.85 $\pm$ 1.66	2.32 $\pm$ 1.41	9.029	0.000
실험후 10분	1.97 $\pm$ 0.76	3.56 $\pm$ 1.96	2.03 $\pm$ 1.28	8.218	0.000
실험후 20분	1.76 $\pm$ 0.84	3.28 $\pm$ 1.57	2.35 $\pm$ 1.44	6.546	0.002
실험후 30분	1.67 $\pm$ 0.80	3.12 $\pm$ 1.50	2.23 $\pm$ 1.37	6.546	0.002

표 4. 실험군별 실험 전, 후의 체온 비교 (단위 :  $^{\circ}\text{C}$   $\pm$  표준편차, N=61)

변 수/실험군	고빈도군	Burst군	대조군	F값	P값
실험전	30.25 $\pm$ 0.97	30.70 $\pm$ 1.22	30.18 $\pm$ 1.29	1.172	0.316
실험직후	31.86 $\pm$ 2.44	35.71 $\pm$ 0.88	31.18 $\pm$ 0.92	14.056	0.000
실험후 10분	31.07 $\pm$ 1.12	32.07 $\pm$ 1.18	31.36 $\pm$ 1.09	3.378	0.041
실험후 20분	30.41 $\pm$ 1.10	31.29 $\pm$ 0.82	30.65 $\pm$ 0.88	4.704	0.012
실험후 30분	29.88 $\pm$ 1.16	30.55 $\pm$ 0.96	29.80 $\pm$ 1.19	2.739	0.073

표 5. 성별 실험전과 실험직후의 동통역치의 비교 (단위 : mA  $\pm$  표준편차, N=61)

실험군	남 자			여 자		
	실험전	실험직후	t값	실험전	실험직후	t값
고빈도군	1.95 $\pm$ 0.40	2.04 $\pm$ 0.77	-0.25	1.73 $\pm$ 0.57	2.23 $\pm$ 1.00	-3.05*
Burst군	1.87 $\pm$ 0.57	5.24 $\pm$ 1.39	-8.17*	2.07 $\pm$ 0.84	2.92 $\pm$ 1.09	-4.02*
대조군	2.84 $\pm$ 1.43	2.48 $\pm$ 0.90	0.37	1.99 $\pm$ 1.34	2.29 $\pm$ 1.50	-1.67*

\*  $P < 0.01$

은 결과를 얻었다. 남자 대상자의 경우 burst 군에서만 실험 전, 후에 동통 역치의 유의한 상승이 있었고( $P < 0.01$ ) 나머지 두 군에서는 차이가 없었다. 여자의 경우에는 세 군 모두에서 실험 전, 후에 동통 역치에 유의한 차이가 있었다( $P < 0.01$ ).

### 5. 성별 실험전과 실험직후간 체온의 비교

세 군의 실험전과 실험 직후에 측정된 체온이 남녀별로 실험 전, 후에 차이가 있는가를 조사한 결과, 남자의 경우 고빈도군( $P < 0.05$ )과 burst군( $P < 0.001$ )에서 유의한 차이가 있었고, 여자의 경우에는 모든 군에서 체온의 상승이 통계적으로 유의한 차이가 있었다(표 6).

### 6. 시간 경과에 따른 세 군별 동통역치의 변화 정도

세 군별로 시간경과에 따른 동통 역치의 평균 변화율을 그림으로 표현한 것이 그림. 1이다. 고빈도군의 동통 역치는 실험전에 평균 1.77 mA였던 것이 실험 직후에는 2.20 mA로 통계학적으로 유의한 증가를 보였다( $P < 0.01$ ). 이것을 실험전의 평균값과 비교하면 약 24.3%의 상승을 보였다. 그러나 실험 후 10분, 20분, 30분에서는 실험전과 모두 동통 역치의 유의한 차이가 없었다. 이에 비해 burst군은 실험전에 1.99 mA였던 것이 실험 직후에는 실험전에 비해 93.5%가 상승된 3.85 mA를 나타내었는데 이것은 통계학적으로 유의한 차이였다( $P < 0.001$ ). 이러한 현상은 실험 후 30분이 될 때까지 계속 되었다. 실험 30분에는 실험전에 비

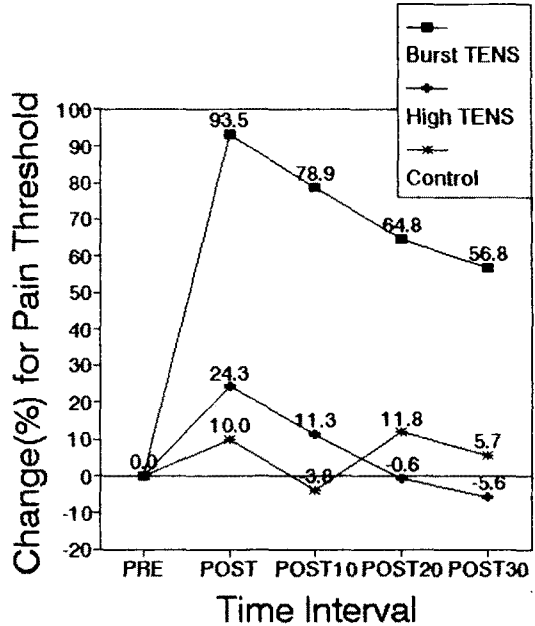


그림 1. 세 군별 시간경과에 따른 동통역치의 변화율

해 동통 역치가 56.8%의 상승을 유지하였다. 대조군에서의 동통 역치의 변화는 실험전과 비교하여 시간경과에 따른 모든 단계에서 유의한 차이가 없었다.

### 7. 시간 경과에 따른 세 군별 체온의 변화

세 군별로 실험전과 비교한 실험 후의 평균 체온의 변화율을 그림으로 표현한 것이 그림. 2이다. 고빈도군은 실험전에 평균 30.25도였으나, 실험 직후에 31.86도로 통계학적으로 유의

표 6. 성별 실험전과 실험직후의 체온의 비교 (단위:  $^{\circ}\text{C} \pm$  표준편차,  $N=61$ )

실험군	남 자			여 자		
	실험전	실험직후	t값	실험전	실험직후	t값
고빈도군	31.23 $\pm$ 1.50	33.57 $\pm$ 1.14	-4.87*	30.08 $\pm$ 0.78	31.55 $\pm$ 2.50	-2.47*
Burst군	30.84 $\pm$ 1.09	33.97 $\pm$ 0.63	-6.70**	30.61 $\pm$ 1.34	33.54 $\pm$ 1.00	-8.35**
대조군	31.00 $\pm$ 1.54	31.17 $\pm$ 0.62	-0.31	30.04 $\pm$ 1.25	31.19 $\pm$ 0.97	-5.58**

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.001$



하게 상승하였다( $P < 0.01$ ). 그리고 실험 후 10분에도 평균 31.07도로 체온의 유의한 상승을 보였으나( $P < 0.01$ ), 20분 후나 30분 후에는 차이가 없었다. Burst군에서도 실험 후 30분을 제외하고는 모든 단계에서 실험 전에 비해 유의한 체온의 상승을 보였다( $P < 0.01$ ). 체온의 변화율을 보면 실험전에 비해 실험 직후에 16.3%의 상승을 보였고, 10분 후에는 4.5%의 상승을 나타내었다. 대조군에서는 실험 전과

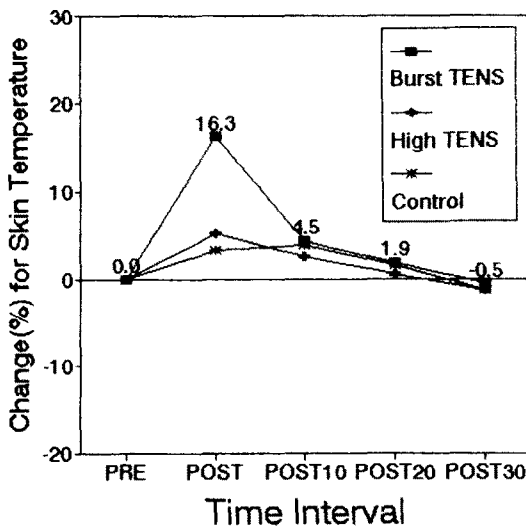


그림 2. 세 군별 시간경과에 따른 체온의 변화율

비교하여 실험 직후와 10분후에 각각 체온에 유의한 상승을 보였고( $P < 0.01$ ). 나머지 단계에서는 차이가 없었다.

## 8. 성별 실험군별 실험후의 동통역치와 체온 차이 검증

### 1) 성별 특성을 통제한 실험 직후의 동통역치 비교

실험 직후의 동통 역치수준이 세 실험군에 따라 그리고 대상자의 성별에 따라 영향을 받는가를 알아 보기 위한 분석을 위해 이원 분산 분석(2-way ANOVA)을 시행하였다(표 7). 이때 동통역치에 성별과 세 군간에 이중 상호작용이 있었으므로 사전에 성별에 따른 영향을 통제하는 분석을 하였다. 그 결과 성별과 실험군의 차이에 따라 동통역치에 유의한 차이가 있었다( $P < 0.01$ ).

### 2) 성별 특성을 통제하지 않은 실험 직후의 체온 비교

실험 직후에 측정된 체온에 차이가 있는가를 성별 변수와 실험군 변수에 따라 차이를 분석하였다. 이때 성별 변수와 세 군간에 이중-상호작용이 없는 것으로 나타나 두 변수를 동시에 투입한 형태로 이원 분산분석을 하여 표 8.

표 7. 성별 변수를 통제한 세 군별 실험 직후의 동통역치 비교를 한 분산분석표

	평방합	자유도	분편분산	F	P값
성별간	32.546	1	32.546	18.876	0.000
실험군별	18.543	2	9.271	5.377	0.007
오차	98.280	57	1.724		
합계	149.369	60	2.489		

표 8. 성별, 세 군별 실험 직후 측정된 체온의 차이에 관한 분산분석표

	평방합	자유도	분편분산	F	P값
실험군간	54.956	2	27.478	11.378	0.000
성별	5.129	1	5.129	2.124	0.151
이중-상호작용	6.130	2	3.065	1.265	0.289
오차	132.831	55	2.415		
합계	213.931	60	3.566		

의 결과를 얻었다. 실험 직후의 체온은 세 구간에는 유의한 차이가 있었으나( $P < 0.001$ ), 성에 따른 차이는 없었다( $P > 0.05$ ).

#### IV. 고 찰

동통 중에 조직 심부에서 느끼는 동통은 주로 근육과 관련된 경우가 많으며, 특히 근막구조에 이상으로 초래되며, 이러한 동통은 다시 근경축을 일으키고, 이것은 혈액순환을 방해하고 결국 관절가동운동에 제한을 초래하는 악순환을 발생시킨다. 물리치료분야에서 TENS를 이용한 동통관리는 매우 광범위한 분야에서 사용하고 있는 방법이다. 본 연구에서는 동통을 실험적으로 발생시키기 위해서 전기적 자극을 이용하였는데, 이것은 지금까지 많은 연구들에서 의해 그 의미를 인정받고 있기 때문이다. Kantor 등(1994)<sup>12)</sup>도 임상에서 전기자극에 대한 특성을 조사하기 위한 방법 중 감각신경이나 운동신경을 자극하기 위한 최소 자극 수준을 검사하는 것이 가장 일반적으로 사용하는 방법이라고 하였다.

TENS를 이용한 치료에서 자극부위는 매우 다양하게 적용할 수 있다. 자극부위는 먼저 동통부위를 직접 음극 전극으로 자극하여 치료하는 방법(pain-point application)이 있고, 신경경로에 따라 두 전극을 배치하여 치료할 수도 있다(nerve application). 이때는 음극은 양극에 비해 더 원위부에 대치하게 한다. 또 다른 방법으로 말초혈관 순환장애시에는 혈관의 경로(vasotropic application)에 위의 방법과 동일한 배치법으로 적용할 수 있다. 일반적인 방법 중 하나인 신경분절에 따른 배치법(segmental application)은 피부의 척수신경 분절에 따라 전극을 적용하는 방법으로, 양극은 치료하고자 하는 분절의 척추 근위부에 배치하고, 음극은 같은 분절내의 원위부에 적용하는 기술이다<sup>19)</sup>. 다음은 주로 척추관절부위 치료시 사용하는 방법(paravertebral application)으로 척추의 양측에 전극을 배치하며, 특히 음극을 동

통이 더 심한 부위에 배치하게 하는 방법이다. 이외에 근육조직에 특히 문제가 있을 때는 치료하고자 하는 근육위에 두극을 같이 배치하는 기술로 이때도 동통이 심한 부위에 음극을 배치한다(myogenic application).

TENS을 자극조건에 따라 구분하였을 때, 주파수가 10~100Hz 이상인 고빈도(high rate) 자극법과 1~4Hz 정도의 저빈도(low rate) 자극을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 이러한 주파수에 따른 구분에는 학자들마다 약간의 차이가 있다. Moore와 Blacker<sup>13)</sup>은 침술과 유사한 효과를 나타내는 저빈도 자극은 엔돌핀에 의한 효과일 것이라고 하였고, 고빈도 자극은 이것과는 다른 기전에 의한 것이라고 하였다. 고빈도 자극에 의한 효과는 대부분 바로 치료 효과가 나타나나, 저빈도 자극에 효과는 약 20~30분 정도의 자극 후에 효과가 나타나며, 자극 후에는 지속 효과가 고빈도에 비해 더 긴 것이 특징이다.

TENS의 적용이 적절치 못한 경우로는, 모발이나 피부표면에 문제가 있을 때는 전기의 전도성에 장애가 발생할 수 있고, 수술이나 봉합을 시행한 부위나 골절되었거나 감각이 민감한 피부에 직접적인 적용시에도 문제가 있으며, 경동맥동(carotid sinus) 부위의 자극시에는 서맥(bradycardia)을 일으킬 수 있다. 그리고 인두나 후두 주위의 근육에 자극시에는 근경련이 발생할 수 있어 주의를 요한다. 그리고 임신중인 사람의 자극 부위도 금기사항 중 하나이다.

Kantor 등<sup>13)</sup>은 단상(monophasic)파, 이상(biphasic)파, burst파 그리고 강도-변조(amplitude-modulated)파로 상완부와 하지의 감각신경과 운동신경을 자극하여 파형에 따른 자극 특성을 연구하여, 단상파와 강도-변조파가 다른 파형에 비해 운동신경 자극시의 전압 최고치(peak voltage)가 더 높았고, 반대로 최고 전류량치(peak current)는 강도-변조파가 다른 4개의 파형에 비해 상대적으로 낮았다고 하였다. 결국 대칭성 이상파형(symmetrical biphasic waveform)이 말초신경을 자극하는 경

우에 가장 적합한 것으로 나타났고, 임상적으로 자극파형이 너무 복잡한 자극기는 효율적이지 못한 치료기라고 하였다. Wong<sup>31)</sup>은 건강한 대상자들의 상완에 비대칭성 이상(asymmetric biphasic) 파형의 전기자극을 주었을 때 보다 단상(monophasic) 파형의 전기자극을 주었을 때 가 느낌이 더 편안하였으며, 근육에서 우력발생이 더 컸다고 하였다. Jette<sup>11)</sup>은 TENS의 parameter를 고빈도형, 저빈도형, burst형, hyperstimulation형, 고전압 전기자극형의 형태로 자극하여 동통 역치와 동통 인내정도(tolerance)를 비교한 결과, 자극 직후에 hyperstimulation형(250 ms, 2 Hz)과 저빈도형(250  $\mu$ s, 2 Hz)간에만 차이가 있었으며, 자극 직후와 20분후의 역치수준의 차이는 고빈도형(80  $\mu$ s, 80 Hz)만이 유의하게 감소하였고, 동통인내정도에 대해서는 시간이나 치료적인 요인의 영향은 없었다고 하였다.

Simmonds 등<sup>28)</sup>은 경피신경자극치료가 동통 역치 수준과 동통인내(pain tolerance) 수준에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 하였다. 동통측정 도구로는 pressure dolorimeter와 집게 통각계(forceps algometer)를 사용하였으며, TENS의 자극조건은 80 Hz, 125  $\mu$ sec로 하였다. 실험결과 경피신경자극치료는 둔한 압박(dull pressure)에 의해 야기된 동통의 역치는 증가시켰으나, 날카로운 핀치(sharp pinch)자극에 의한 동통에는 영향을 주지 못했다고 보고 하였다.

TENS를 이용한 여러 연구 중 Longgardi 등<sup>19)</sup>과 Noling 등<sup>22)</sup>은 귀의 침점(acupuncture point)을 전기로 자극하여 이 점들과 관련이 있다고 알려져 있는 상지의 관련부위에 동통역치에 영향을 주는가를 알아보기 위한 실험이 있었다. 여기서 사용한 침술효과와 유사한 전기 자극의 조건으로 파형은 양극의 단상파형을 사용하였으며, 최대출력은 1,000  $\mu$ A, 주파수는 1 Hz로 정하였다. 실험결과 동통변화의 측정 방법에 따라 결과가 얻갈리게 나타났다. 즉 McGill Pain Questionnaire로 평가한 경우에는

실험군과 대조군 사이에 동통역치에 차이가 있었으나, Visual Analogue Scale로 평가 했을 때는 차이가 없었던 것이다. TENS자극에 의한 동통의 변화를 주관적인 측면에서 그 정도를 측정하기 위해 이용되는 측정도구에는 Huskisson이 개발한 VAS(visual analogue scale)나 Melzack이 개발한 McGill pain questionnaire등이 많이 사용되어지고 있다.

Grimmer는<sup>6)</sup> 심한 슬관절 골관절염 환자를 대상으로 고빈도(80 Hz) TENS와 burst형(3 bursts/sec) TENS자극을 이중 맹검(double blind)연구 방법을 이용해 실험한 결과, 두 군 모두에서 동통과 강직이 감소하였고, 관절가동범위와 슬관절 주위의 둘레 길이가 증가하였으나, 두 군간에 차이는 단지 슬관절 주위 둘레만이 burst군에서 더 크게 나타났다고 보고하였다.

이재형 등<sup>4)</sup>은 자극조건이 100 Hz와 75  $\mu$ s인 자극을 합곡(LI4)과 수삼리(LI10)에 적용한 고빈도-저강도형의 TENS군과 naloxone처치를 한 군간이 동통역치와 혈장의  $\beta$ -endorphine 농도에 미치는 영향을 비교한 연구에서, 고빈도-저강도 TENS자극에 의한 진통효과에  $\beta$ -endorphine이 작용하지 않았다고 하였다. 박찬의<sup>3)</sup>는 근골격계 질환자의 동통치료시 온습포, 초음파와 경피신경자극치료를 같이 사용한 군과 온습포와 초음파만 적용한 군간의 비교실험에서, 주관적인 동통정도와 자극부위의 피부온도, 근육의 활동전위에는 더 좋은 결과를 나타냈으나, 관절가동범위의 증가에는 두 군간에 큰 차이가 없었다고 보고하였다.

Gersh<sup>7)</sup>는 burst형의 TENS자극은 저빈도 TENS의 효과와 비슷한 결과를 얻을 수 있으며, 강하고 반복적인 근 수축을 일으키며 최대한의 효과를 얻기 위해선 적어도 자극시간이 30분은 되어야 한다고 하였다. O'Brien 등<sup>23)</sup>은 TENS치료가 혈액 중  $\beta$ -엔돌핀 수준에 영향을 주는가를 알아보기 위해, 전통적인 자극 조건(80 Hz, 50  $\mu$ sec)과 저빈도 자극조건(2 Hz, 50  $\mu$ sec), 그리고 위약효과를 준 대조군을 만들어 비교 실험

한 결과, TENS 자극 전, 중, 후에 혈장내  $\beta$ -엔돌핀 수준에 차이가 없었다고 하였다.

Brill과 Whiffen<sup>5)</sup>는 요통문제로 요통교실 프로그램에 참가한 환자들 중 척추궁절제술(laminectomy)나 chemoneucleolysis 그리고 척추 측만증으로 인한 수술을 받은 환자에게 24시간 burst파 TENS를 적용하여 치료한 결과, 입원 기간 동안의 사용한 물핀(morphine)의 양이 감소되었고, 결국 입원기간을 단축시켰고, burst형 자극을 받았던 환자의 80%가 1년 이내에 정상적인 활동을 할 수 있었다고 보고 하였다. 김태열 등<sup>1)</sup>은 burst형 TENS자극이 신경전도속도와 동통역치에 미치는 영향을 감각역치 수준과 적정치료수준, 절대치료수준으로 자극 조건을 분류하여 실험한 결과, 남녀간에 각 치료수준에 차이가 있었고, 동통역치는 절대치료수준으로 자극한 경우에만 자극전, 후에 유의한 차이가 있었다고 하였고, 시간변화에 따라 자극후 20분까지는 세 자극방법간에 차이가 있었다고 하였다.

Ronney 등<sup>25)</sup>은 “Russian”전류로 알려져 있는 2,500 Hz와 5,000 Hz, 10,000 Hz인 주파수를 운반 주파수(carrier frequency)로 하는 각각의 50, 70, 90 burst/sec의 파에 따라 느끼는 동통 감각의 차이를 비교한 연구에서, 10,000 Hz를 이용한 burst파에서만 동통의 정도에 차이가 있었다고 하였다.

Nolan 등<sup>21)</sup>은 TENS를 이용하여 전기자극이 치료부위의 피부온도에 영향을 주는가를 알아보기 위해 일반적인 적용방법과 burst형 방법을 비교한 결과, burst형 방법시에만 자극부위에 유의한 온도상승이 나타났으며, 이것은 근육의 수축으로 인해 야기된 혈류량의 증가 때문일 것이라고 하였다.

표 9는 TENS의 효과를 규명하기 위한 많은 연구들 중에서 특히 burst형 자극을 이용하여 실험한 사례를 정리한 것이다.

저빈도 고강도형 TENS의 적용은 이러한 자극을 귀의 침점에 적용하는 auriculotherapy등이 있다<sup>21)</sup>. 이 auriculotherapy는 1950년대에

표 9. Burst형 TENS를 이용한 연구별 자극조건

연구자	파형	통전시간	주파수(Hz)	자극부위	비고
Brill 등(1985)	Burst mode	200 $\mu$ s	2 bps	back pain	Burst
	Conventional mode	50 $\mu$ s	100	"	
Jette(1986)	LVGS	?	80	전완부, 수부	저전압전기자극
	Low TENS	80 $\mu$ s	2	"	(파형에 따른
	Burst TENS	250 $\mu$ s	85(2burst/s)	"	효과비교)
	Hyperstimulation	200 $\mu$ s	2	"	
	HVGS	250 ms	80	"	저전압전기자극
Noling 등(1988)	단상 직각	65 $\mu$ s	100	이침점	Burst
Grimmer(1992)	?	5 ms	80	경혈	Burst
Nolan 등(1993)	비대칭 이상파	?	100	정중신경	Burst
Kantor(1994)	단상 직각파	200 $\mu$ s	50	전완부	파형에 따른
	이상 직각파	200 $\mu$ s	50	"	효과비교
	Burst mode	200 $\mu$ s	50 bps	"	
	강도변조 정현파	200 $\mu$ s	50	"	
박찬의(1984)	비대칭성 직각파	200 $\mu$ s	100	발통점	관절염환자
O'Brien 등(1984)	?	?	2	경혈(주관절)	LI4, LI10
Longobardi 등(1989)	단상 + 전류	50 $\mu$ s	1	이침점	
Simmonds 등(1992)	?	125 $\mu$ s	80	척골신경	
김태열 등(1994)	burst형, intense형	200 $\mu$ s	110	요골신경	

프랑스의 신경학자인 Paul Nogier에 의해 발견된 이침점(auricular acupuncture point)에 전기자극이나 압박, 뜸, 초음파 자극, 특정 약물 주사등의 치료법을 적용하는 것들 말하며, 이들에 대한 연구에는 체중 감량, 금연, 알코올 중독, 뇌성마비 등을 대상으로 많이 이루어지고 있다<sup>13)</sup>.

체온의 변화 특히, 체온의 상승은 피하에 위치한 혈관의 확장과 plasma extravasation에 의해 나타날수 있다. 이러한 요소는 신경인성염증(neurogenic inflammation)과 같은 현상에서 볼 수 있으며, 이것은 자극받은 신경들 중 C섬유가 recruit되게 할 만큼 충분한 강도로 자극될 때 만이 나타날 수 있다. 이러한 과정을 기초로 하여 TENS자극으로 피부의 온도에 영향을 주기 위해서는 자극받은 신경의 C섬유가 충분히 활성화 될 수 있을 만큼 자극강도로 자극해야 한다. 이와 관련된 연구로 Leandri (1986)등은 감각역치의 1.5배의 강도로 자극시에는 체온의 변화가 없었으나, 3배의 강도로 자극했을때 유의한 상승이 있었다고 하였다. Burst형 TENS자극으로 인한 체온의 상승현상은 정확히 설명할 수 있는 이론은 아직 미흡하나 위에서 기술한 혈액순환의 증가와 자극으로 수축하는 근육내의 온도상승과 관련이 있을 것이다.

Nolan 등<sup>21)</sup>은 burst형과 고빈도형 TENS로 전완부에 자극한 후에 피부온도 변화를 측정하여, 전완부에서는 burst자극 후에 4분까지는 유의한 상승이 있었으나, 검지와 약지에서 측정된 온도에서는 변화가 없었다고 보고 하였다.

## V. 결 론

임상적으로 통증 관리를 위해 사용되는 경피신경자극치료(transcutaneous electrical nerve stimulation)는 물리치료실에서 가장 많이 이용되고 있는 치료기 중 하나이다. TENS를 적용하는 방법 중 자극조건에 따라 고빈도형 자극법과 burst형 자극법에 따라 실험적으로 발생

시킨 전기자극에 의해 발생된 동통의 감각역치와 치료부위에 체온에 나타나는 영향에 차이가 있는가를 알아보기 위해 건강한 대상자 61명(남자14명, 여자 47명)을 고빈도군(20명), burst군(20명), 대조군(21명)으로 구분하여 실험을 실시하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 실험전 세 군간에는 연령, 체중, 신장은 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ).
2. 실험전 평균 동통 역치는 고빈도군이 1.77 mA였고, burst군은 1.99 mA, 대조군은 2.11 mA였으나 세 군간에 유의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ). 실험 전 평균 체온은 고빈도군이 30.25였고, burst군이 30.7도였으며 대조군은 30.18도로 동통역치와 같이 세 군간에 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ).
3. 실험 후 동통역치(mA)는 직후, 10분 후, 20분 후, 30분 후별로 고빈도군은 각각 2.20, 1.97, 1.76, 1.67였고, burst군은 각각 3.85, 3.65, 3.28, 3.12였으며, 대조군은 각각 2.32, 2.03, 2.35, 2.23이었다. 실험 후 측정된 모든 시점에서 세 군 중 burst군이 다른 두 군의 동통역치보다 유의하게 높았다( $P<0.01$ ). 이러한 세 군간에 차이는 특히 burst군과 고빈도군 사이에서, 그리고 burst군과 대조군사이에서 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ ).
4. 실험 후의 세 군별 체온의 차이는 실험 직후와 실험 후 10분에서만 유의한 차이가 있었는데, 특히 burst군이 다른 두군보다 체온의 상승이 유의하게 컸다( $P<0.05$ ).
5. 성별에 따른 실험 전과 실험 직후의 동통역치의 차이는 여자의 경우에는 세 군 모두에서 유의하게 상승했으나( $P<0.01$ ), 남자의 경우에는 burst군만이 통계학적으로 유의하게 상승했다( $P<0.01$ ). 체온도 동통역치와 비슷한 양상을 나타냈으며, 또한 남자의 경우 고빈도군에서도 실험 전후에 체온이 유의하게 상승을 보였다( $P$

<0.001):

6. 시간 경과에 따른 동통역치의 변화율은 고빈도군은 실험전에 비해 실험 직후에 24.3%가 상승하였고( $P < 0.01$ ), burst군은 93.5%나 유의하게 증가하였다( $P < 0.001$ ). 이에 비해 대조군은 유의한 차이가 없었다. 체온의 변화율은 고빈도군에서는 실험전에 비해 실험 직후, 10분후까지는 유의한 차이가 있었고( $P < 0.01$ ), burst군은 실험 직후 16.3%의 상승을 보였으며, 실험 후 30분을 제외한 이전의 모든 단계에서 유의한 차이가 있었다( $P < 0.01$ ).

### 참고문헌

1. 김태열, 황태연, 허춘복 : Brief, intense tens 자극이 신경전도, 동통역치의 변화에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지 제6권 제1호 ; 171-183, 1994.
2. 박정미 : 분만동통에 대한 경피전기신경자극의 진통효과. 대한재활의학회지 16권 2호 ; 182-191, 1992.
3. 박찬의 : 동통에 대한 경피신경자극치료의 효과연구. 최신의학 27(2) ; 65-71, 1984.
4. 이재형, 박춘서, 강정구 : 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 혈장  $\beta$ -endorphin 농도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 5권 1호 ; 39-46, 1993.
5. Brill MM, Whiffen JR : Application of 24-hour burst tens in a back school. Phys Ther 65(9) ; 1355-1357, 1985.
6. Gersh MR, Wolf SL : Applications of transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of patients with pain. state-of-the-art update. Phys Ther 63(3) ; 314-321, 1985.
7. Gersh MR : Electrotherapy in rehabilitation. 영문사, 서울, 1992.
8. Grimmer K : A controlled double blind study comparing the effects of strong

- burst mode tens and high rate tens on painful osteoarthritis knees. Australian Physiotherapy 38(1) ; 49-56, 1992.
9. Hollinger JL : Transcutaneous electrical nerve stimulation after cesarean birth. Phys Ther 66(1) ; 36-38, 1986.
10. Issenman J, Nolan MF, Rowley J, Hobby R : Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after spinal fusion with Harrington rods. a clinical report. Phys Ther 65(10) ; 1517-1520, 1985.
11. Jette DU : Effect of different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain. Phys Ther 66(2) ; 187-192, 1986.
12. Kantor G, Alon G, Ho HS : The effects of selected stimulus waveforms on pulse and phase characteristics at sensory and motor thresholds. Phys Ther 74(10) ; 951-962, 1994.
13. Keenan DL, Simonsen L, McCrann DJ : Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control during labor and delivery. Phys Ther 65(9) ; 1363-1364, 1985.
14. Longgardi AG, Clelland JA, Knowles CJ, Jackson JR : Effects of auricular transcutaneous electrical nerve stimulation on distal extremity pain : a pilot study. Phys Ther 69(1) ; 10-17, 1989.
15. McCarthy JA, Zigenfus RW : Transcutaneous electrical nerve stimulation : an adjunct in the pain management of Guillain-Barre' syndrome. Phys Ther 58(1) ; 23-24, 1978.
16. Melzack R, Vetere P, Finch L : Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain. a comparison of tens and massage for pain and range of motion. Phys Ther 63(4) ; 489-493, 1983.

17. Mersh MR, Wolf SL, Rao VR : Evaluation of transcutaneous electrical nerve stimulation for pain relief in peripheral neuropathy. *Phys Ther* 60(1) ; 48-52, 1980.
18. Millea TP : Transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of nonoperative intra--abdominal pain. a case report. *Phys Ther* 63(8) ; 1280-1282, 1983.
19. Moore DE, Blacker MB : How effective is tens. For chronic pain? : *Am J Nurs* 83 (Aug) ; 1175-1177, 1983.
20. Nelson RM, Currie DP : Clinical electrotherapy. Appleton & Lange, pp 221-223, 1987.
21. Nolan MF, Hartsfield JK, Witters DM, Wason J : Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation in the conventional and burst modes to alter digital skin temperature. *Arch Phys Med Rehabil* 74 ; 182-187, 1993.
22. Noling LB, Clelland JA, Jackson JR, Knowles CJ : Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation at auricular points on experimental cutaneous pain threshold. *Phys Ther* 68(3) ; 328-332, 1988.
23. O'Brien WJ, Rutan FM, Sanborn C, Omer GE : Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on human blood  $\beta$ -endorphin levels. *Phys Ther* 64(9) ; 1367-1374, 1984.
24. Paris DL, Baynes F, Gucker B : Effects of the neuroprobe in the treatment of second-degree ankle inversion sprains. *Phys Ther* 3(1) ; 35-40, 1983.
25. Rooney JG, Currier DP, Nitz AJ : Effects of variation in the burst and carrier frequency modes of neuromuscular electrical stimulation on pain perception of healthy subjects. *Phys Ther* 72(11) ; 800-809, 1992.
26. Scully RM, Barnes MR : Physical Therapy. J.B. Lippincott company. pp 884-885.
27. Shade SK : Use of transcutaneous electrical nerve stimulation for a patient with a cardiac pacemaker. a case report. *Phys Ther* 65(2) ; 206-208, 1985.
28. Simmonds M, Wessel J, Scudds R : The effect of pain quality on the efficacy of conventional tens. *Physiotherapy Canada* 44(3) ; 35-40, 1992.
29. Stratton SA, Smith MM : Postoperative thoracotomy. effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on forced vital capacity. *Phys Ther* 60(1) ; 45-47, 1980.
30. Taylor AG, West BA, Simon B, Skelton J, Rowlingsdon JC : How effective is tens for acute pain? *Am J Nurs* 83(Aug) ; 1171-1174, 1983.
31. Wong RA : High voltage versus low voltage electrical stimulation : force of induced muscle contraction and perceived discomfort in healthy subjects. *Phys Ther* 66 ; 1209-1214, 1986.