

## 경피신경 전기자극법이 교감신경 긴장성에 미치는 영향

안수경, 유환석, 이지현  
연세대학교 보건과학대학 재활학과

김영록  
한려산업대학교 재활학과

### Abstract

#### The Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Sympathetic Tone

An Soo-gyung, B.Sc., R.P.T.  
Yoo Hwan-suk, B.Sc., R.P.T.  
Lee Ji-hyun, B.Sc., R.P.T.

*Dept. of Rehabilitation, College of Health Science,  
Yonsei University*

Kim Young-rok, M.P.H., R.P.T.  
*Dept. of Rehabilitation, Hanlyo Sanyp University*

The purpose of this study was to determine the effect of transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) on sympathetic tone in healthy subjects. Stimulation in the conventional and burst modes was applied to the skin of the forearm overlying the median nerve. TENS was applied for 20 minutes at an intensity sufficient to produce a perceptible though not uncomfortable sensation and no muscle contraction of the forearm musculature. The change in sympathetic tone was measured with skin temperature. Skin temperature was measured at the index finger and on the volar surface of the forearm in the stimulated limb. The conventional and burst modes did not change the skin temperature at any of the two measurement sites. We conclude that TENS, as applied in this study, does not influence sympathetic tone. Further research is needed to assess the sympathetic effects of TENS on patient groups, long term treatment and other modalities.

**Key Words** : Transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS); Sympathetic tone; Skin temperature.

## I. 서론

경피신경 전기자극법(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation; TENS)은 오래전부터 요통, 관절염, 신경통, 환상통 등 통증을 동반한 여러 가지 질환에 사용되어 왔다. 진통작용에 대한 정확한 기전이 밝혀지지 않는지만 척수 수준에서 구심성 정보를 조절한다는 관문조절설이 가장 보편화된 이론이다. 한편 통증조절 이외에도 경피신경전기 자극법을 교감신경 기능부전의 치료와 말초혈류량 조절에 이용하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 1976년 Abram이 경피신경 전기자극법을 교감신경 기능부전 환자에게 적용시켰을 때 교감신경 긴장성이 증가하여 피부온도가 감소하였다고 보고한 이후로 많은 연구자들에 의해 경피신경 전기자극법이 교감신경에 미치는 영향에 대한 연구가 계속되고 있다.

많은 연구자들의 주장은 경피신경 전기자극이 교감신경의 혈관운동 조절기능을 억제하여 혈관확장을 일으키므로 혈액순환이 증가한다는 것이다. 따라서 혈액순환 증가에 따른 말초혈류량 증가로 인하여 피부온도가 증가하였다고 한다. 그리고 통증과 종창, 혈관운동의 불안정 등을 보이는 반사적 교감신경 이영양증(reflex sympathetic dystrophy)의 증상을 완화시킨다고 한다. Stilz(1977)는 반사적 교감신경 이영양증을 가진 환자에게 적용하여 피부온도의 증가와 증상의 완화를 보였다고 보고하였다. 그리고 Owens 등(1979), Abram 등(1980), Kaada(1987)와 같이 여러 연구자들이 교감신경 기능부전 환자와 정상인등을 대상으로 한 실험에서도 역시 피부온도의 증가와 교감신경 기능부전 증상의 완화를 보였다고 하였다. Leandri 등(1986)은 요추부위에 경피신경 전기자극법을 적용하여 피부온도가 증가하였다고 보고하고, 압통점(trigger point)과 국소적 허혈(local ischemia)을 보이는 근막동통증후군(myofascial pain syndrome)의 치료에 적용할 것을 제안했

다. 또한 Weinberger 등(1987)이 토끼의 관절과 피부에서의 실험에서도 온도의 증가를 보였다고 보고했다.

그러나 오히려 교감신경계의 작용을 항진시켜 혈류량이 감소한다고 주장하는 연구자들도 있다. Wong과 Jette(1984)의 연구에 의하면 경피신경 전기자극을 건강한 사람들에게 적용했을 때 오히려 교감신경활동을 증가시켜 피부온도가 동측뿐만 아니라 반대쪽에서도 감소했음을 보고했고, 오히려 혈관의 장애를 가진 환자에게 경피신경전기자극을 적용할 때 주의할 것을 제안하기도 했다. 그리고 Arsenault 등(1983)과 Callaghan 등(1978)의 연구에서도 역시 피부온도가 감소했다고 보고했다. 그런데 이와는 또 다르게 Ebersold 등(1977)과 Mulder 등(1991)에 의하면 경피신경 전기자극법이 피부의 저항을 감소시킨 것외에는 말초혈류량, 피부온도, 혈압, 심박수 등 자율신경계의 기능들에 아무런 영향을 미치지 못했다고 보고했다. Mulder 등(1991)과 Nolan 등(1993)의 연구에서도 피부온도를 변화시키지 못했다고 했다.

이처럼 연구자에 따라 경피신경 전기자극법이 교감신경에 미치는 영향에 대한 주장이 다양하므로 본 연구자들은 경피신경 전기자극법이 교감신경에 미치는 영향을 알아보았다. 이 연구에서는 경피신경 전기자극법이 교감신경의 작용을 억제하여 말초혈류량이 증가함에 따라 피부온도가 증가한다는 것이 가설이다. 그리고 임상에서 주로 사용되는 경피신경전기자극의 두 종류의 파형(conventional mode, burst mode)에 대해 피부온도의 변화가 생기는지를 실험하였다.

## II. 연구방법

### 1. 실험 기간과 피험자 선정

실험은 1995년 7월 7일부터 7월 17일까지 연

세대학교 보건과학대학 실험실에서 실시되었다. 피험자들은 이 실험에 참여할 것을 동의한 30명의 만 18세에서 26세 사이의 연세대학교에 재학중인 학생들이었다. 전체 30명의 대상자를 2개의 실험군으로 나누었고 남녀비율은 각각 남자가 8명, 여자가 7명씩이었다. 피험자중에서 과거에 혈관질환, 신경계 질환이나 피부질환의 병력이 있는 자는 실험에서 제외하였다.

## 2. 실험과정

실험실의 온도와 습도는 실험기간동안 평균 27°C, 70%로 일정하게 유지하였다. 피험자에게 실험 30분 전부터 음식을 먹거나 카페인 함유 음료를 마시지 못하게 하였고 담배를 피우지 못하게 하였으며 뜨겁거나 찬 물체를 손으로 잡지 못하게 하였다. 피험자를 편하게 누운 자세를 취하게 하고 전극을 부착하기 전에 알콜로 오른쪽 전완을 닦은 후 알콜이 마르면 전극을 부착시켰다. 경피신경 전기자극기의 전극은 정중신경(median nerve)이 지나가는 위치의 오른쪽 전완의 근위부와 원위부에 부착하였고, 피부온도측정기의 전극은 오른쪽 전완의 앞쪽 가운데 부분과 집게손가락 원위지절(distal phalanx)의 가운데 부분에 부착하였다.

전극 부착후 약 5분 뒤 피부온도가 안정되면 적용전 온도를 측정하고 그 후 20분간 경피신경 전기자극을 가하였다. 적용후의 피부온도는 적용직후에 측정하고 그 뒤 15분동안 5분 간격으로 측정하였다. 전류의 강도는 피험자가 참을 수 있고, 눈에 보이는 근수축이 일어나지 않는 범위에서 적용하였다. 제 1실

험군에는 경피신경 전기자극파형중 conventional mode(펄스지속시간 150  $\mu$ s, 주파수 80 Hz)를 적용하였고, 제 2실험군에는 burst mode(burst 주파수 2 Hz)를 적용하였다.

경피신경 전기자극기로는 Enraf Nonius사(Holland)의 ENS901이 사용되었다. 피부의 온도는 전완에서 Enraf Nonius사(Holland)의 MYOMED432로, 손가락에서 Lafayette Instrument Company(USA)의 TEMP/SC 200T로 측정하였다.

## 3. 분석방법

경피신경 전기자극법후 적용전과 적용후의 시간에 따른 피부온도의 변화가 통계학적으로 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 one-way repeated ANOVA을 하였다. 통계분석을 위한 컴퓨터 프로그램은 SPSS/PC+(Statistic Package for Social Science/Personal Computer+)를 사용하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위하여 유의수준을  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

## III. 결과

실험에 참가한 피험자는 모두 30명이었으며 평균연령은 제 1실험군(conventional mode)이 21.4세, 제 2실험군이 22.4세였다. 경피신경 전기자극법의 평균 전류강도는 제 1실험군이  $5.9 \pm 2.4$ mA, 제 2실험군이  $6.1 \pm 1.8$  mA였다.

경피신경 전기자극법을 20분동안 적용한 후의 각 파형별, 부위별 피부온도 변화는 다음 표1과 표2와 같다.

표1. 제 1실험군(conventional mode)의 피부온도 변화 (평균 $\pm$ 표준편차, 단위 °C)

	적용전	적용직후	5분후	10분후	15분후
전완	33.14 $\pm$ 0.82	33.14 $\pm$ 0.78	33.16 $\pm$ 0.80	33.18 $\pm$ 0.82	33.17 $\pm$ 0.82
손가락	34.43 $\pm$ 0.16	34.50 $\pm$ 1.46	34.57 $\pm$ 1.16	34.68 $\pm$ 0.99	34.47 $\pm$ 1.10

**표 2.** 제 2실험군(burst mode)의 피부온도 변화 (평균±표준편차, 단위 °C)

	적용전	적용직후	5분후	10분후	15분후
전완	33.55±0.83	33.57±0.82	33.55±0.80	33.54±0.84	33.53±0.87
손가락	34.85±1.10	34.85±0.72	34.77±0.73	34.72±0.83	34.70±0.82

표 3과 4는 시간대별 피부온도의 결과가 통 분석한 결과이다. 제적으로 유의한 차이가 있는지 다변량 분산

**표 3.** 제 1실험군(conventional mode)의 다변량 분산분석 결과

	평방향	자유도	불편분산	F	F의 유의도
전완	.02	4	.00	.20	.938
손가락	.58	4	.15	.69	.605

제 1실험군에서의 피부온도는 전완과 손가 으로도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 락에서 모두 거의 변하지 않았으며 통계학적

**표 4.** 제 2실험군(burst mode)의 다변량 분산분석 결과

	평방향	자유도	불편분산	F	F의 유의도
전완	.01	4	.00	.10	.983
손가락	.30	4	.08	.34	.850

제 2실험군에서도 피부온도는 전완과 손가 락에서 모두 거의 변하지 않았으며 통계학적 으로도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

수축상태를 유지하게 된다. 그러나 이 지속적 긴장이 감퇴되면 혈관은 확대된다. 흉요수의 측각에서 나온 전절섬유(preganglionic fiber)는 교감신경절에서 뉴론을 교대하고 그 절후 섬유(postganglionic fiber)가 피부 및 내장 등의 혈관을 지배한다(길원식, 1991).

**IV. 고찰**

일반적으로 혈관은 교감신경지배만을 받으며 이 신경의 지속적 긴장에 의하여 지속적

본 연구의 목적은 경피신경전기자극법이 말초의 교감신경을 자극하여 피부온도가 변하는 지 알아보는데 있다. 실험결과 손가락과 전완

에서의 피부온도 변화가 conventional과 burst mode에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았으므로, 피부의 온도가 증가할 것이라는 우리의 가설은 기각되었다. 이러한 결과는 Ebersold 등(1977), Mulder 등(1991)과 Nolan 등(1993)의 선행연구와 동일한 것이다.

본 연구의 제한점으로 첫번째는 실제 환자를 대상으로 한 연구가 아니라 정상인을 대상으로 한 연구였다는 점이다. Abram(1976)과 Kaada(1987)의 연구가 교감신경 기능부전 환자, 반사적 교감신경 이영양증환자, 만성통증환자등을 대상으로 한 연구인 것에 비하여 본 연구와 Nolan(1993) 등의 연구는 정상인을 대상으로 실시한 연구였다는 차이가 있다. 따라서 본 연구의 결과는 정상인에 한하여 적용시킬 수 밖에 없다. 두번째는 본 연구에서 경피신경전기 자극법을 여러번 적용하지않고 단 1회의 적용 후에 결과를 측정했다는 점이다. 단 1회의 적용과 오랜기간동안의 치료효과에는 차이가 있다는 가능성을 배제할 수 없다. 세번째는 교감신경계의 여러가지 기능 가운데서 단지 혈류량의 변화만을 측정하였다는 점이다. Ebersold 등(1977)의 연구에서와 같이 피부온도 이외에 피부저항, 혈압, 심박수 등 다양한 자율신경계의 기능에 대하여 연구하여야할 필요가 있다. 네번째는 혈류량의 변화를 피부온도로서 간접 측정하였다는 점이다. 하지만 피부조직자체에서 생산되는 열량은 아주 적고 피부온도는 혈액에 의해 체심부 또는 피하조직으로부터 피부로 운반되는 열량에 의하여 주로 결정되므로(강두희 등, 1992) 말초혈류량의 변화를 피부온도로 대신 측정한 것의 타당도에는 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 다섯번째는 피험자의 자세이다. 우리의 실험에서는 피험자가 편하게 누운자세를 취하도록 했는데 이 자세가 이미 전신이 충분히 이완이 되어있는 자세라 혈관의 이완에 영향을 미치지 못했을 가능성도 있다. 여섯번째는 피험자에게 적용한 전류의 강도를 들 수 있다. 우리의 실험에서 제 1, 2실험군에

적용된 평균전류는 각각 5.9 mA와 6.1 mA로 이것은 근수축이 일어나지 않는 최대한의 강도로서 근수축에 의한 열의 발생을 제거하기 위함이었지만 이 정도의 전류가 교감신경에 영향을 미치지 못하는 강도일 가능성도 있다. 다른 연구자들의 연구에서는 2.5-60 mA로 일정한 기준이 없어 다음 연구에서는 전류의 강도에 대한 일정한 기준이 제시되어야 할 것이다. 일곱번째는 피부온도의 측정위치이다. Challaughan 등(1978)의 연구에서 전극의 바로 아래에서는 혈관의 확장이 일어났고 전극에서 멀리 떨어진 부분에서는 혈관의 수축이 일어나서 전극의 위치와 측정위치에 따라 결과가 다르게 나왔다. 피부온도의 측정위치도 역시 일정한 기준이 제시되어야 할 것이다.

교감신경과 관련된 다른 전기치료방법에 관한 연구로는 전기치료(electrical stimulation therapy;EST), 고전압 맥동 직류 자극법(high voltage pulsed galvanic stimulation;HVPGS), 간섭과 치료(interferential current therapy;ICT)에 관한 연구들이 있다. Liu 등(1987)은 EST를 수의적 등척성 최대 수축능력(isometric maximal voluntary contraction)의 15-30%의 강도로 종아리 근육군에 적용하였을 때 동측의 손가락에서 혈류량이 감소하였음을 보고하였다. Walker 등(1988)은 고전압 맥동 직류 자극법(HVPGS)을 수의적 등척성 최대 수축능력의 10-30%의 수축을 일으키는 강도로 정상인의 종아리 근육군에 적용하였을 때 혈류량이 증가하지 않았다고 보고했고, Mohr등(1987)은 토끼의 다리에 유사한 실험을 한 결과 혈류량이 증가했다고 보고했다. 고경현 등(1994)은 정상인의 성상신경절과 말초교감신경에 간섭과 자극을 가한 결과 임상적으로 유의한 수준의 피부온도증가를 보이지 않았다고 보고했다. 또 Indergand와 Morgan(1995)는 간섭과 치료(ICT)가 정상인의 혈관 저항에 영향을 미치지 못했다고 보고했다. 이처럼 여러 전기치료방법들의 교감신경에 미치는 영향에 관한 연구가

계속되고 있으나, 그 효과는 경피신경 전기자극법에서와 같이 서로 상반된 주장들이 나오고 있어 이에 대한 좀 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

앞으로 교감신경 기능부전환자와 말초혈류장애 등의 환자에 대한 연구와 오랜 기간의 치료 효과에 대한 연구가 더 되어져야 할 것을 제안한다. 그리고 Kahn(1991)과 Gersh(1992)가 제시한 협심증, 두통 등에 대한 적용과 같은 경피신경 전기자극법의 다른 효과들에 대하여도 연구되어져야 할 것이다.

## V. 결론

경피신경 전기자극법이 교감신경에 미치는 영향을 알아보기 위하여 30명의 정상인을 2개의 실험군으로 나누어 각 실험군에 conventional mode와 burst mode를 20분간 오른쪽 상완에 적용한 후 피부온도의 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 제 1실험군에 conventional mode를 적용한 결과 전완과 손가락에서 모두 유의한 온도변화를 보이지 않았다.
- 2) 제 2실험군에 burst mode를 적용한 결과 전완과 손가락에서 모두 유의한 온도변화를 보이지 않았다.

그러므로 이 연구에서 정상인에게 1회의 경피신경 전기자극법을 적용한 결과 교감신경 긴장성에 영향을 미치지 않았다.

## 인용문헌

강두희 등. 생리학(개정4판). 신광출판사, 1992.  
고경현, 김주철, 이충휘. 간섭파 자극 후의 말초 혈류량 변화. 대한물리치료사학회지. 1994;1:19-25.

길원식. 자율신경계. 고문사, 1991.

Abram SE. Increased sympathetic tone associated with transcutaneous electrical stimulation. *Anesthesiology*. 1976;45:575-577.

Abram SE, Asiddao CB, Reynolds AC. Increased Skin Temperature during Transcutaneous Electrical Stimulation. *Anesth Analg*. 1980;59:22-25.

Arsenault AB, Belanger AY, et al. Effects of TENS and topical skin anesthesia on soleus H-reflex and the concomitant influence of skin/muscle temperature. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74:48-53.

Callaghan M, Sternbach RA, et al. Changes in somatic sensitivity during transcutaneous electrical analgesia. *Pain*. 1978;5:115-127.

Ebersold MJ, Laws ER, Albers JW. Measurement of autonomic function before, during and after transcutaneous stimulation in patients with chronic pain and in control subjects. *Mayo Clin Proc*. 1977;52:228-232.

Gersh MR. *Electrotherapy in Rehabilitation*. F.A.Davis. 1992;165-168.

Indergand HJ, Morgan BJ. Effect of interference current on forearm vascular resistance in asymptomatic humans. *Phys Ther*. 1995;75:306-312.

Kaada B. Successful treatment of esophageal dysmotility and Raynaud's phenomenon in systemic sclerosis and achalasia by transcutaneous nerve stimulation. *Scand J Gastroenterology*. 1987;22:1137-1146.

Kahn J. *Principles and Practice of Electrotherapy*. 2nd ed. Churchill Livingstone. 1991;116.

Leandri M, Brunetti O, Parodi CI. Telethermographic findings after transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther*. 1986;66:210-213.

- Liu HI, Currier DP, Threlkeld AJ. Circulatory response of digital arteries associated with electrical stimulation of calf muscle in healthy subjects. *Phys Ther.* 1987;67:340-345.
- Mohr T, Akers TK, Wessmam HC. Effrct of high voltage stimulation on blood flow in the rat hind limb. *Phys Ther.* 1987;67:526-533.
- Mulder PM, Dompeling EC, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in Raynaud's phenomenon. *Angiology.* 1991;42:414-417.
- Nolan MF, Hartsfield JK, et al. Failure of transcutaneous electrical nerve stimulation in the conventional and burst modes to alter digital skin temperature. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:182-187.
- Stilz RG, Carron H, Sanders DB. Reflex sympathetic dystrophy in a 6-year-old: successful treatment by transcutaneous nerve stimulation. *Anesth Analg.* 1977;56:438-443.
- Walker DC, Currier DP, Threlkeld AJ. Effects of high voltage pulsed electrical stimulation on blood flow. *Phys Ther.* 1988;68:481-485.
- Weinberger A, Dalith M, et al. Transcutaneous electrical stimulation of the normal rabbit joint. *Scand J Rehabil Med.* 1987; 19:67-70.
- Wong RA, Jette DU. Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther.* 1984;64:478-482.