

경피적 전기신경자극이 동통 역치에 미치는 영향

연세대학교 대학원 보건학과

이 충 휘

ABSTRACT

Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Experimental Pain Threshold in Healthy Subjects

Chung Hwi Yi

*Dept. of Public Health, Graduate School
Yonsei University*

The purposes of this study were to determine the general characteristics of pain threshold and the effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimental pain threshold in 75 healthy subjects.

Subjects were assigned randomly to one of three groups: experimental, placebo and time-control. Subjects in the experimental and placebo groups received applications of low frequency (1-27Hz) TENS using the double-blind technic.

The results were as follows:

1. In the upper extremities, the right side pain thresholds were higher than those of the left ($p < 0.05$) and pain thresholds were higher in males than females ($p < 0.05$). However there were no significant differences in pain thresholds between sex, or side of lower extremity ($p > 0.05$).
2. Only the experimental group exhibited a significant increase in pain threshold after TENS treatment ($p < 0.05$) and there was a significant increase in pain threshold on the stimulated ipsilateral side and the non stimulated contralateral side ($p < 0.05$).

These results suggest: Pain thresholds in humans differ according to sex and body part and when applied to humans, TENS is associated with changes of pain threshold, and influences the pain threshold not only of the stimulated side but also of the contralateral side.

Because subjects ranged in age from 20 to 26 and TENS was applied only at low frequencies, these results may have limited predictive value when applied to other age groups and/or at different TENS frequencies.

차 례

I. 서 론

II. 연구방법

1. 연구 대상자 및 연구 기간
2. 실험 방법
3. 분석 방법

III. 결 과

1. 측정값의 신뢰도
2. 부위별 동통 역치 비교
3. 성별에 따른 동통 역치 비교
4. 치료 전후의 동통 역치 비교

IV. 고 찰

V. 결 론

참고문헌

I. 서 론

Mountcastle(1980)은 동통에 대하여 정의하기를 상해 또는 조직파괴를 유발시키는 자극으로 인해 나타나는 감각적 경험이라고 하였다. 또한 Merskey(1979)는 동통을 불쾌한 감각이며 실제로 혹은 잠재적으로 조직손상과 관련이 있는 정서적 경험일 뿐만 아니라 항상 주관적인 경험이라고 하였다. 한편 동통은 신체적, 정신적, 사회적 요인 등으로 그 예민도가 달라질 수 있으며(정운혁, 1982), 이에 따른 치료방법도 약물치료를 비롯하여 물리치료, 수술적 치료, 정신치료 등 매우 다양하다.

과거 수십년 동안 의학자들은 인간에게서 가장 큰 미해결된 과제 중의 하나인 동통의 기전을 밝히고 치료방법을 개발하기 위하여 끊임없이 노력을 하였지만 아직 그 기전은 물론 완전한 치료방법도 개발하지 못하였다. 현재 물리치료학에서는 동통을 억제하지 완화시킬 목적으로 열, 광선, 전기, 물 등의 물리적인 요소를 이용하여 치료를 시행하고 있다.

기원전 28년, 그리스인 Pedanius Dioscorides는 전기를 띤 물고기(electrogenic torpedo fish)를 이용하여 두통과 관절염, 그리고 그 외의 만성동통을 치료하였다(안용팔, 1982; Licht, 1961), 그 후 18세기 말과 19세기 초에 전기기구를 사용하여 동통치료를 하였으나 전기치료기구가 조잡하고 정확하지 않았기 때문에 그 치료효과를 인정받지 못하였고, 널리 사용되지도 못하였다(Eresk, 1977; Woolf, 1984). 근래에 와서 전기치료의 이론적 근거가 확립되고 또한 전기공학의 발달로 물리치료학에서도 각종 전기치료를 많이 사용하게 되었다.

전기치료시 동통 감소에 대한 이론적 근거로서 Melzack 및 Wall(1965)은 관문조절이론(gate control theory)을 발표하였다. 즉, $A\delta$ 이상의 굵은 구심성 신경섬유가 활성화되면 동통을 전달하는 전달세포(transmission cell)가 시냅스전 억제를 당하여 동통전달이 억제되고 반대로 C섬유가 활성화되면 시냅스전 억제가 다시 억제된다고 한다. 그러나 이 가설은 C섬유의 활성화로 시냅스전 억제가 다시 억제된다는 사실이 증명되지 않았고(Denny-Brown 등, 1973). 또 $A\delta$ 구심성 신경섬유를 자극하였을 때 동통역치가 달라지지 않는다는 보고(Mathan 및 Rudge, 1974)가 있어 아직 정설이 되지 못하고 있다. 그러나 임상에서의 보고에 의하면 상세한 기전은 알 수 없지만 말초신경의 분포경로를 따라서 적당한 강도로 전기자극을 하면 동통을 어느 정도 감소시킬 수 있다고 한다(Long 및 Hagfors, 1975; Curwin, 1983).

한편 관문조절이론을 근거로 척수후각(dorsal horn)에 전극을 부착하고 외부에서 전기자극을 주어 동통을 억제시키려는 척수후주자극기 이식술(dorsal column stimulator implantation)이 시도되었는데(Wall 및 Sweet, 1967; Shealy 및 Mortimer, 1970; Picaza 등, 1975), 이 시술의 적용 여부를

결정하기 위한 선별시험(screening test)으로서 경피적 전기신경자극기가 사용되었다. 그 과정에서 경피적 전기신경자극 자체가 진통효과가 있다는 사실을 발견하였다(Lampe, 1978 ; Wall, 1985).

경피적 전기신경자극기는 조직을 상하지 않게하고(non-invasive), 사용이 간편할 뿐만아니라 부작용이 거의 없기 때문에 전통적인 동통치료 방법이 실패한 환자에게 효과적이다(Long 및 Hagfors, 1975 : Picaza 등, 1975). 즉, 급성동통(Cooperman 등, 1977 ; Pike, 1978 ; Taylor 등, 1983), 만성동통(Hamer 및 Howson, 1978 ; Moore 및 Blacker, 1983), 그리고 그 외의 동통을 동반한 질환에 대해서도 경피적 전기신경자극이 동통을 감소시키는 효과가 있다고 보고되었다(Bates 및 Nathan, 1980 ; Paxton, 1980). 그러나 여러 보고에서 경피적 전기신경자극에 의한 동통감소 효과의 정도는 연구자에 따라서 차이가 많다(최창락, 1982 ; Woolf, 1984).

한편 경피적 전기신경자극에 의한 동통의 감소 효과에 대한 연구보고에 대하여 Gerih Wolf(1985) Lee 등(1985), Leo(1986)는 다음과 같은 방법론적인 문제점을 지적하였다.

첫째, 동통감소의 정도를 환자의 주관적인 평가에만 의존하였다고 하는 점 즉, 예를 들면 연구자 임의로 만든 시각척도(visual analogue scale)나 동통등급척도(pain rating scale), 진통제 사용량 등으로 평가한 점이다.

둘째로는 적절한 대조군을 사용한 연구가 많지 않다는 점이다.

셋째는 실험자나 피검자의 심리적인 기대감 혹은 편견(bias)을 배제할 수 있는 방법이 적용되지 않은 점 등이다.

그러므로 본 연구에서는 위와 같은 문제점들을 보완하여 경피적 전기신경자극이 동통 역치에 미치는 영향을 규명하고 상지와 하지에서의 동통 역치를 측정 후 측정 부위별, 성별로 비교하여 동통 역치의 일반적인 특성을 알아보고 경피적 전기신경자극이 동통 역치 변화와 관련이 있는지를 알아보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자 및 연구 기간

연세대학교 원주의과대학 보건의학과 재학생 중 본

연구에 참여하겠다고 자원한 학생을 대상으로 하였다. 자원자 중 상지 또는 하지에 신경손상이 있었거나 문신, 티눈, 상흔, 피부이식, 화상 그리고 그 외에도 피부감각에 이상이 있거나 왼손잡이는 연구 대상에서 제외하였다. 연구 대상자는 모두 연구를 시작하기 48 시간 전에 실험에 영향을 줄 수 있는 진통제 등의 약물을 복용하지 않도록 하였다. 연구 대상자는 남자 47명, 여자 28명으로 총 75명이었고 평균 연령은 21.8세 이었다(표 1).

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

n=75			
	남 (%)	여 (%)	연령(yrs.)
실험군(n=25)	14 (56.0)	11 (44.0)	21.7
위약군(n=25)	17 (68.0)	8 (32.0)	22.2
대조군(n=25)	16 (64.0)	9 (36.0)	21.5
계	47 (62.7)	28 (37.3)	21.8

본 연구는 1986년 7월 15일부터 7월 30일까지 각 군별로 각각 5명씩을 대상으로 예비실험을 한 후 1986년 8월 1일부터 9월 30일까지 본 실험을 시행하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 실험군, 위약(placebo)군, 대조군에 피검자를 각각 25명씩 확률적으로 선정(randomization)하였다. 각 실험군, 위약군, 대조군에 속해 있는 피검자로부터 전기자극기를 사용하여 치료전의 동통 역치를 측정하였다. 동통 역치를 측정했던 부위는 양측 상지의 요골 경상돌기(styloid process)와 양측 하지의 경골 내과(medial malleolus)이었다(그림 1). 전기자극을 가해주는 횟수는 각 부위별로 연속하여 세번이었고 치료전 동통 역치는 세번 측정된 값의 평균값으로 정하였다. 치료전 동통 역치를 측정할 때 피검자는 동통 역치를 측정하는 계기판을 볼 수 없게 하였다. 실험자는 피검자에게 다음과 같은 지시사항을 알려주었다.

“이 기계는 전기자극을 하여 동통을 느끼는 정도를 측정할 때 사용한다. 본 실험에서는 큰 아픔을 주거나 인체에 손상을 주는 높은 전류를 사용하지 않는다. 실험 도중에 어느 때라도 계속하길 원하지 않으면 실험을 거부할 수 있다. 전기자극이 가해질 때 처음 전

◆ 전극

● 전극

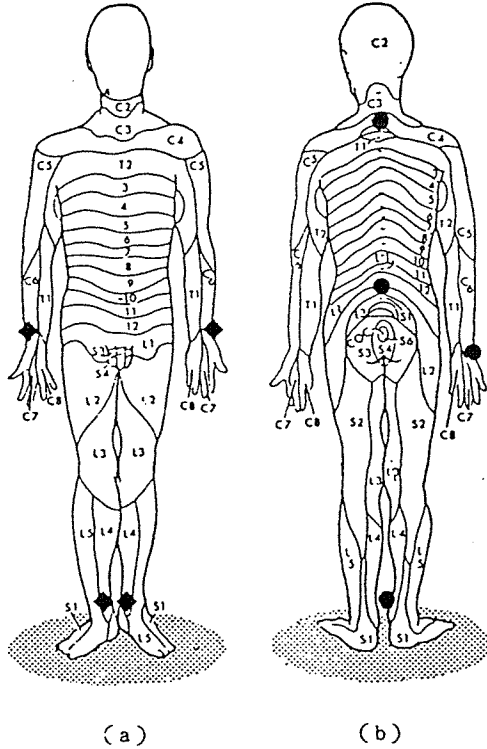


그림 1. 동통 역치 측정부위(a)와 경피적 전기신경 자극기의 전극위치(b)

기를 느끼면 ‘느낀다’고 즉시 말하라. 전기자극의 강도가 증가하면서 뽕으로 콧코끼르는 듯한 감각이 느껴질 때 참지 말고 즉시 ‘그만’하고 말하라”

위와 같은 지시사항을 피검자에게 알려준 후 치료 전 동통 역치를 측정하였다. 전기자극기는 신진의료기에서 제작한 것으로 자극할 때의 전압은 25 V, 주파수는 20 Hz, 펄스의 폭(pulse width)은 2 msec를 가진 교류로 자극하였는데, 펄스가 3 sec 동안 나오고 2 sec 동안은 안나오는 것이 반복되면서 자극의 강도를 증가시켰다. 이 때 자극의 강도는 0 μ A부터 500mA까지 조절이 가능하였고 피검자가 ‘그만’이라고 말하는 순간의 전류를 읽어 이를 동통 역치로 삼았다.

치료 전 동통 역치를 측정 후 경피적 전기신경자극기(신진의료기 제품 Model No. S 12-128)로 치료를 시작하였다. 상지의 경우 활성전극(active electrode)을 우측 요골 경상돌기 부위에 놓고 비활성전극(inactive electrode)은 제 6경추 부위에 놓았다. 하지의 경우 활성전극을 우측 경골 내과 부위에 놓고,

비활성전극은 제 4요추 부위에 놓았다(그림 1).

치료할 준비를 끝낸 후 피검자에게 다음과 같은 지시사항을 알려주었다.

“이 기계는 자극하는 동안 절대로 아픔을 느끼지 않는다. 약간의 맥박이 뛰는 듯한 느낌이 있을 수도 있고 전혀 못느끼는 경우도 있다. 당신이 ‘느낀다’고 하면 강도를 더이상 올리지 않는다.”

위와 같은 지시 사항을 알려주는 이유는 위약군의 피검자에게 경피적 전기신경자극기로 거짓 치료를 할 경우 실제로 자극이 주어지지 않더라도 피검자가 치료를 받고 있는 것처럼 생각하게 하기 위해서였다.

한편 실험자에게는 경피적 전기신경자극기로 치료할 때 강도를 최대로 올려도 피검자로부터 ‘느낀다’는 응답이 없으면 강도를 중간으로 놓고 주파수도 중간에 놓도록 지시하였다.

경피적 전기신경자극기로 치료할 때 자극의 강도는 30 μ A부터 6 mA 사이에서 피검자가 편안하게 느끼는 강도를 택하였고 전압은 9 V, 주파수는 1.5 Hz부터 27 Hz 사이에서 편안하게 느끼는 주파수로 자극

하였는데, 자극의 파형은 펄스의 폭이 260 μ sec 인 직각파(rectangular wave)이었다. 치료시간은 30 분이었으며, 실험자는 자신이 사용하는 경피적 전기 신경자극기가 실제로 경피신경을 자극하도록 되어있는지 여부를 알지 못하게 하였고 피검자도 자신이 속해있는 군이 실험군인지 위약군인지를 모르게 하였다. 위약군에서 사용된 경피적 전기 신경자극기와 실험군에서 사용된 경피적 전기신경자극기는 같은 종류의 것이었으며 주파수를 나타내는 램프도 똑같이 작동하였다. 다만 위약군에서 사용된 경피적 전기신경자극기는 선극과 선선을 연결하는 부위가 절연된 상태에서 사용되었다.

경피적 전기신경자극을 한 부위는 우측 상지와 하지였고 좌측 상지와 하지는 자극을 하지 않았다. 그러나 경피적 전기신경자극 치료를 한 후 치료 부위는 물론 반대측의 상지와 하지의 동통 역치도 연속하여 세 번 측정하였다. 치료 부위와는 반대측인 좌측 상지와 하지의 동통 역치도 측정했던 이유는 경피적 전기신경자극이 반대측의 동통 역치에도 영향을 주었는지를 알아보기 위해서였다.

대조군의 피검자에게는 경피적 전기신경자극 치료를 하지 않고 치료전 동통 역치를 연속하여 3회 측정 후 평균값을 계산하였고 30분 후에 다시 동통 역치를 측정하였다. 대조군에서 경피적 전기신경자극 치료를 하지 않고 30분 간격으로 동통 역치를 측정했던 이유는 시간 경과에 따라 동통 역치가 스스로 변하는지를 관찰하고 또한 측정값의 신뢰성을 검토하기 위해서였다.

3. 분석 방법

측정된 동통 역치를 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)를 이용하여 분석하였다.

표 2. 측정값의 신뢰도

측정부위	상관계수
우측 상지	0.93
우측 하지	0.91
좌측 상지	0.92
좌측 하지	0.90

피검자의 신체 네 부위, 즉 우측 상지, 우측 하지, 좌측 상지, 좌측 하지에서 각각 측정된 치료전 동통 역치를 우측과 좌측, 상지와 하지로 나누어 짝 비교 t 검정을 하였고, 성별에 따라서는 t 검정을 하였다. 치료전과 후에 각 군에서 증가한 동통 역치를 백분율과 분산분석으로 비교하였다. 통계학적인 유의성을 검증하기 위하여 유의수준은 $p < 0.05$ 로 정의하였다.

III. 결 과

1. 측정값의 신뢰도

본 연구에서는 측정값에 대한 신뢰도를 Pearson 상관계수로 검토하였다. 대조군에 속한 25명 각각의 피검자에게 첫 번째로 연속하여 3회의 동통 역치를 측정 후 30분 후에 다시 동통 역치를 측정하였다. 신체 네 부위에서 첫 번째로 측정된 동통 역치와 두 번째로 측정된 동통 역치의 상관계수는 모두 0.90 이상으로(표 2) 첫 번째 측정값과 30분 후의 두 번째 측정값 사이에는 변화가 없었다.

2. 부위별 동통 역치 비교

양측 상지와 하지에서 측정된 동통 역치를 우측과 좌측, 상지와 하지로 나누어 비교하였다. 우측과 좌측의 동통 역치를 비교한 결과(표 3), 상지에서 우

표 3. 우측과 좌측의 동통 역치 비교

단위 : μ A			
측정부위	평 균	표준오차	t-value
우측 상지	39.5	2.2	2.0 *
좌측 상지	36.6	2.3	
우측 하지	98.6	8.1	1.6
좌측 하지	88.3	4.1	

* $p < 0.05$

표 4. 상지와 하지의 동통 역치 비교

단위 : μ A			
측정부위	평 균	표준오차	t-value
우측 상지	39.5	2.2	-12.6 *
우측 하지	91.8	8.1	
좌측 상지	36.6	2.3	-14.5 *
좌측 하지	88.3	7.9	

* $p < 0.05$

측의 동통 역치는 좌측의 동통 역치보다 높았고 하지에서는 유의한 차이가 없었다.

한편 상지와 하지의 동통 역치를 비교한 결과(표 4). 하지의 동통 역치는 상지의 동통 역치보다 높았다.

3. 성별에 따른 동통 역치 비교

각 부위별로 성별간에 동통 역치를 비교한 결과 상지에서는 남자가 여자에서 보다 높았으나 하지에서는 성별에 따른 동통 역치의 차이가 없었다(표 5).

4. 치료 전후의 동통 역치 비교

경피적 전기신경자극이 동통 역치에 미치는 영향을

조사하기 위하여 75명의 연구 대상자를 실험군, 위약군, 대조군으로 25명씩 나누었다. 치료전 각 군에서의 동통 역치는 표 6에서 보는 바와 같이 실험군의 동통 역치는 위약군이나 대조군에서 보다 낮았다.

동통 역치가 낮았던 연구 대상자 5명과 높았던 연구 대상자 5명을 대상으로 경피적 전기신경자극 치료를 한 후 동통 역치 변화량을 비교한 결과(표 7), 동통 역치가 낮았던 군에서의 동통 역치 증가량과 높았던 군에서의 동통 역치의 증가량에는 차이가 없었다.

표 7에서 보는 바와 같이 치료 전의 동통 역치가 낮았던 군과 높았던 군간에 있어서 경피적 전기신경자극 치료 후의 동통 역치 증가량에는 차이가 없었으므로 각군에서 치료 전과 후의 동통 역치 변화량을 백

표 5. 성별 동통 역치 비교

측정부위	단위 : μA		
	남	여	t-value
우측 상지	45.7 ± 3.0 *	34.1 ± 2.5	2.3 **
우측 하지	92.3 ± 9.7	89.7 ± 6.7	0.4
좌측 상지	42.5 ± 3.1	32.3 ± 2.2	2.1 **
좌측 하지	88.7 ± 5.6	84.3 ± 5.9	0.1

* 평균 ± 표준오차 ** p < 0.05

표 6. 치료전의 각 구간 동통역치 비교

	단위 : μA			
	우측 상지	우측 하지	좌측 상지	좌측 하지
실험군 (n=25)	30.1 ± 1.9*	74.1 ± 5.1	28.8 ± 2.3	74.3 ± 5.9
위약군 (n=25)	42.2 ± 4.0	98.3 ± 7.2	39.6 ± 4.7	95.5 ± 7.9
대조군 (n=25)	46.1 ± 4.2	103.0 ± 9.1	41.4 ± 4.4	95.6 ± 6.8

* 평균 ± 표준오차

표 7. 치료전 동통 역치가 낮았던 군과 높았던 군에서의 경피적 전기신경자극 효과

	단위 : μA			
	우측 상지 **	우측 하지 **	좌측 상지 **	좌측 하지 **
치료전	32.4 ± 3.1*	72.6 ± 9.7	29.7 ± 4.1	72.6 ± 8.6
A 치료후	43.2 ± 6.1	81.7 ± 10.3	33.8 ± 4.7	80.0 ± 8.7
변화량 (%)	33.3 ± 8.7	12.5 ± 3.7	13.7 ± 4.0	10.2 ± 3.3
--- 치료전	47.0 ± 2.9	90.5 ± 11.7	41.3 ± 4.4	89.5 ± 10.3
B 치료후	60.4 ± 7.2	101.3 ± 12.4	47.4 ± 5.0	97.5 ± 11.9
변화량 (%)	28.5 ± 7.6	11.5 ± 4.0	14.7 ± 4.7	8.9 ± 2.9

A : 동통 역치가 낮았던 군

B : 동통 역치가 높았던 군

* 평균 ± 표준오차

** A 군과 B 군에서의 동통 역치 변화량에 대한 t 검정 결과 p > 0.05

표 8. 각 군에서의 치료 전과 후의 동통 역치 변화량

단위 : %

	우측 상지	우측 하지	좌측 상지	좌측 하지
실험군 (n=25)				
치료전 *	100.0	100.0	100.0	100.0
치료후 **	137.6 ± 11.8	118.1 ± 7.4	117.7 ± 10.8	115.9 ± 9.4
위약군 (n=25)				
치료전	100.0	100.0	100.0	100.0
치료후	103.9 ± 9.5	100.1 ± 7.4	101.0 ± 11.8	100.9 ± 7.3
대조군 (n=25)				
A ***	100.0	100.0	100.0	100.0
B ****	101.5 ± 8.7	101.2 ± 8.9	100.4 ± 10.4	100.6 ± 7.1

* 치료 전의 각 부위별 동통 역치는 표 6에 제시되어 있음.

** Student-Newman-Keuls 검정 결과 실험군에서만 유의한 차이를 나타냄 (p < 0.05).

*** A : 첫 번째 동통 역치

**** B : 30분 후에 측정된 두 번째 동통 역치

분율로 나타내어 비교하였다. 치료 전의 동통 역치를 100.0%로 하였을 때 실험군에서는 부위에 따라 동통 역치 증가량이 15.9~37.6%로 치료 후 동통 역치가 유의있게 증가하였고, 위약군이나 대조군에서는 그 증가량이 0.1~3.9%로 유의있게 증가하지 않았다(표 8).

IV. 고 찰

인위적으로 동통을 유발시키는 방법으로는 온도 자극, 화학적 자극, 기계적 자극 그리고 전기자극 방법 등이 있다(Wolff, 1984). 그 중에서 전기자극 방법은 쉽게 정량화(quantified)할 수 있고(Woolf, 1979), 신체의 어느 부위도 쉽게 적용이 가능하며 또한 조직 손상의 위험이 적으므로 반복시행이 가능하다(Zoopi 등, 1981). 그리고 측정값에 일관성이 있으므로(Notermans, 1975; O'Brien 등, 1984) 실험실에서 동통을 유발시키는 방법으로 자주 사용된다. Harris 및 Rollman(1983)은 전기자극을 이용하여 동통 역치를 측정할 경우 피검자가 따끔함(pin-pricking pain)을 쉽게 식별할 수 있기 때문에 그 이용법의 타당도가 높다고 하였다. 그러므로 본 연구에서도 전기자극을 이용하여 동통 역치를 측정하였다.

신경생리학자들은 통각을 그 성질, 전도속도 및 부위 등에 따라 두가지로 구분하고 있다(Mountcastle,

1980). 즉, 첫째는 제1 또는 빠른 통각(first or fast pain)으로 바늘로 찌르는 듯이 예리한 통각이며 빨리 감각되고 또한 통각을 느끼는 위치를 정확히 알 수 있기 때문에 개인이나 사회문화적 배경 등의 영향을 받지 않는다. 또 다른 하나는 제2 또는 느린통각(second or slow pain)으로 화끈거리는 통각 또는 둔통이며 늦게 감지된다. 이 통각은 느껴지는 장소의 한계가 명확하지 않으면서 지속적이며, 자극이 제거된 후에도 계속 아프며, 개인차가 심하고 사회문화적 배경의 영향을 크게 받는 통각이다.

위의 같은 구분을 근거로 본 실험에서의 동통 역치 정의를 피검자가 제1 통각을 처음 느끼는 순간의 전류량으로 정의하였다. 이러한 동통 역치는 본 실험의 조건에서 시간이 경과하여도 변하지 않아 적어도 30분 간격으로 두번 측정하였을 때 그 동통 역치가 비슷하였다(표 2).

본 연구에서 양측 상지와 하지에서 측정된 치료 전의 동통 역치는 상지의 경우와 하지의 경우로 나누어 생각할 수 있다. 즉, 상지의 경우 우측에서 측정된 동통 역치가 좌측에서 측정된 동통 역치보다 높았으나 하지에서는 우측과 좌측의 동통 역치간에 유의한 차이가 없었다(표 3). 또한 상지의 동통 역치와 하지의 동통 역치를 비교한 결과 우측과 좌측에서 모두 하지의 동통 역치가 높았다(표 4). Wolff(1984)는 양지에서 능숙하게 사용하는 쪽(dominant side)

의 동통 역치가 잘 사용하지 않는 쪽(non-dominant side)의 동통 역치 보다 높다고 하였으며, Wolf 등(1978)과 Zoopi 등(1981)은 상지의 동통 역치가 하지의 동통 역치보다 높다고 하였다. 본 연구의 피검자들은 모두 오른손잡이이었으므로 우측의 동통 역치는 좌측의 동통 역치보다 높았고, 상지의 동통 역치보다 하지의 동통 역치가 높았던 이유는 상지에서의 유해자극수용기(nociceptor)의 분포 정도와 하지에서의 유해자극수용기의 분포 정도가 다르기 때문이라고 생각된다(Wolf 등, 1978).

한편 신체 네 부위에서 측정된 동통 역치를 성별에 따라 비교한 결과 상지에서는 남자가 높았으나 하지에서는 유의한 차이가 없었다(표 5), 상지에서 측정된 동통 역치는 성별에 따라 차이가 있었으나 하지에서의 동통 역치가 성별간에 차이가 없었던 이유는 Wolf 등(1978)이 설명한 대로 하지에서의 유해자극 수용기의 분포 정도가 상지보다 낮았기 때문일 수도 있다.

치료전 각 군에서 부위별로 동통 역치를 측정하고 실험군의 동통 역치는 위약군이나 대조군에서의 동통 역치보다 낮았다(표 6). 그 이유는 연구대상자를 세 군으로 나눌 때 편견이 개입되었거나 또는 표본의 크기가 적었기 때문에 우연성이 작용하였을 가능성도 배제할 수 없다. 그러나 치료전 동통 역치가 낮았던 군에서의 경피적 전기신경자극의 효과와 높았던 군에서의 치료 효과가 동일하므로(표 7), 비록 실험군의 치료전 동통 역치가 다른 위약군이나 대조군에서의 동통 역치에 비해서 낮은 상태이더라도 전

기신경자극 치료 전과 후의 동통 역치 변화는 동일한 기준에서 비교가 가능하다(표 8). 각 군에서의 치료 전과 후의 동통 역치 변화량을 부위별로 비교한 결과 실험군에서의 동통 역치는 모든 부위에서 유의있게 증가하였으나 위약군이나 대조군에서의 동통 역치는 신체 네 부위에서 모두 유의한 변화를 볼 수 없었다(표 8).

이와 같은 결과로 미루어 볼 때 경피적 전기신경자극은 동통 역치 변화와 관련이 있음을 알 수 있다. 한편 실험군에서 경피적 전기신경자극을 우측 상지와 하지에서만 주었는데도 불구하고 좌측 상지와 하지에서도 동통 역치가 증가한 것으로 미루어 보아(표 8), 경피적 전기신경자극 치료는 자극 부위 뿐만 아니라 반대측에도 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

Picaza 등(1975)은 저주파 경피적 전기신경자극 시에 동통 감소 효과가 늦게 나타나지만 그 효과가 지속적이며 간혹 동통이 있는 부위와는 반대되는 측에도 동통 감소 효과가 있다고 보고하였는데 그 이유는 부위별 과급효과(pain suppression spread effect)가 있기 때문에 경피적 전기신경자극 부위와는 반대되는 측에도 영향을 미친다고 하였다. 한편 Wong 및 Jette(1984)는 경피적 전기신경자극을 가한 후, 치료 전과 후의 온도 변화를 측정하고 결과 치료 부위와 같은 측에서 뿐만 아니라 반대측에서도 온도 변화를 볼 수 있었다고 보고하였다.

본 연구의 결과는 경피적 전기신경자극이 자극 부위 뿐만 아니라 신체 전반적으로 영향을 준다는 보고(Manheimer, 1978 ; Zoopi 등, 1981)와 일치한

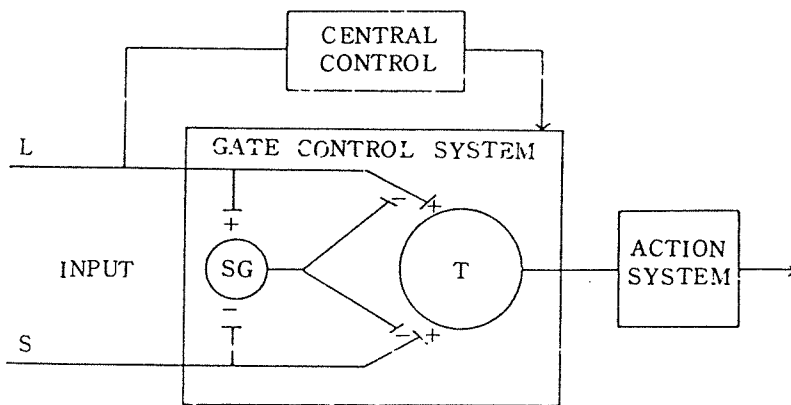


그림 2. 관문조절이론. SG, 교양질세포(substantia gelatinosa interneuron) ; T, 동통전달세포(transmission cell) ; L, large nerve fiber ; S, small nerve fiber ; +, activation ; -, inhibition.

다.

지금까지 경피적 전기신경자극에 의한 동통 감소 효과를 설명함에 있어서 크게 관문조절이론과 내재성 아편물질(endogenous opiates) 관여설로 나눌 수 있다. 관문조절이론에 의하면 직경이 굵고 전도속도가 빠른 구심성 유수신경섬유가 자극되면 척수후각에 위치한 교양질세포(substantia gelatinosa interneuron) 즉, 관문(gate)이 폐쇄되므로 직경이 가늘고 전도속도가 느린 구심성 무수신경섬유인 C섬유의 자극이 척수후각에서 이미 차단되어 동통 전달 세포에 전달되지 않으므로 자극이 척수후각에서 이미 차단되어 동통 전달 세포에 전달되지 않으므로 고위중추(higher center)에서 동통을 감지할 수 없다고 한다(그림 2).

그러나 관문조절이론은 C섬유의 활성화로 시냅스 전 역제가 다시 억제된다는 사실이 증명되지 않고(Denny-Brown 등, 1973), A δ 구심성 신경섬유를 자극하였을 때 동통 역치가 달라지지 않는다는 보고(Nathan 및 Rudge, 1974), 또한 경피적 전기신경자극이 끝난 후에도 동통 감소가 지속되는 경우를 설명할 수 없기 때문에(Ericksson 등, 1979) 많은 논란의 여지를 남기고 있다고 하겠다.

또 다른 이론인 내재성 아편물질 관여설에 의하면 저주파 전류자극이 뇌척수액에 내재성 아편물질인 엔돌핀(endorphin)을 유리시켜 동통 역치를 증가시킨다고 한다(Salar 등, 1985). 또한 Malizia 등(1979)은 전기침(electroacupuncture)으로 자극하는 동안 말초혈관내와 뇌척수액내에서 부신피질자극호르몬과 베타엔돌핀이 증가하였다고 보고하였는 바, 전기침과 경피적 전기신경자극기는 같은 기전에 의해 동통 감소를 일으킨다고 하였다(Fox 및 Melzack, 1976; Wise, 1981; Curwin, 1983).

본 연구에서 사용한 경피적 전기신경자극기는 27 Hz 미만의 저주파 경피적 전기신경자극기이었고 자극부위인 우측 상지와 하지뿐만 아니라 자극하지 않았던 좌측 상지와 하지에서도 동통 역치의 증가가 관찰되었으므로 내재성 아편물질 관여설과 관련이 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 신체 각 부위에서의 동통 역치는 부위, 성별에 따라 상지에서는 차이가 있었으나 하지에서는 차이가 없었다. 또한 경피적 전기신경자극을 가한 부위 뿐만 아니라 반대측에서도 동통 역치의 증가가 있었다. 위와 같은 결과를 근거로 동통 역치는 상지에서만 성별, 부위별 차이가 있고 경피적 전기신경자극은 동통 역치 변화와 관련이

있으며, 자극부위 뿐만 아니라 신체 전반에 걸쳐 영향을 준다고 할 수 있겠다.

본 연구에서는 경피적 전기신경자극 후 증가된 동통 역치가 얼마나 지속되는지에 대해서는 측정하지 못하였다. 그 이유는 동통 역치를 측정할 때 피검자가 여러번 전기자극을 받아야 하므로 피검자의 협조를 얻기 어렵고 시간적인 제약도 있었기 때문이다. 본 연구의 결과를 이용할 때 유념해야 할 것은 실험적인 동통과 임상에서의 동통은 심리적인 면에서 차이가 있다는 사실이다. 또한 연구 대상자가 모두 20대 연령층이었으므로 전 연령층에 일반화하는 문제는 제한점이 될 수 있다. 그러므로 앞으로 다른 연령층을 대상으로, 여러 종류의 경피적 전기신경자극기를 사용하여 증가된 동통 역치의 지속시간 등을 포함하여 보다 광범위하게 동통 역치에 미치는 영향에 대한 연구가 시도되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

건강한 성인 75명을 대상으로 신체 각 부위의 동통 역치를 부위별, 성별로 관찰하고 경피적 전기신경자극이 동통 역치에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험군, 위약(placebo)군, 대조군으로 나누어, 연구 대상자를 각각 25명씩 확률적으로 선정(randomization)하고 이중맹검법을 적용하여 실험하였다.

본 실험의 결과는 다음과 같다.

1. 상지에서의 동통 역치는 우측이 좌측보다 높았고($p < 0.05$), 남자에서 여자보다 높았다($p < 0.05$).
2. 하지의 동통 역치는 우측과 좌측 및 성별간에 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$).
3. 상지의 동통 역치보다 하지의 동통 역치가 높았다($p < 0.05$).
4. 실험군에서의 치료 전과 후의 동통 역치는 치료 후에서 높았다($p < 0.05$).
5. 실험군에서 치료한 측의 상지와 하지 뿐만 아니라 치료를 하지 않았던 반대측에서도 동통 역치의 증가를 볼 수 있었다($p < 0.05$).
6. 실험군, 위약군, 대조군에서의 동통 역치의 증가량은 실험군에서 가장 컸다($p < 0.05$).

위와 같은 결과로 미루어 볼 때 동통 역치는 신체 부위와 성별에 따라 다르다. 또한 경피적 전기신경자극은 동통 역치 변화와 관련이 있으며 자극부위 뿐만 아니라 신체 전반에 걸쳐 영향을 준다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. 안용팔 : 통증에 대한 물리치료. 통증, 가톨릭대학 대학원편 가톨릭의학총서 (1), 서울, 수문사, 1982, pp 159 - 168.
2. 정운혁 : 급성통증의 관리. 통증, 가톨릭대학 대학원편 가톨릭의학총서 (1), 서울, 수문사, 1982, pp 127 - 138.
3. 최창락 : 통증의 외과적 치료. 통증, 가톨릭대학 대학원편 가톨릭의학총서 (1), 서울, 수문사, 1982, pp 149 - 158.
4. Ali J and Serrette C: The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on postoperative pain and pulmonary function. *Surgery* 89:509, 1981.
5. Bates JAV and Nathan PW: Transcutaneous electrical nerve stimulation for chronic pain. *Anaesthesia* 35:817, 1980.
6. Cooperman AM, Hall B, Mikalacki K, Hardy R and Sadar E: Use of TENS in control of postoperative pain: Result of a prospective, randomized, controlled study. *Am J Surg* 133:185, 1977.
7. Curwin S: The Use of electrical stimulation in recovery from injury. *Sports Physiotherapy Division* 8:8, 1983.
8. Denny-Brown D, Kirk EJ and Yanagisawa N: The track of lissauer in relation to sensory transmission in the dorsal horn of spinal cord in the Macaque monkey. *J Comp Neurol* 151:175, 1973.
9. Ericksson MBE, Sjolund BH and Nielzen S: Long term results of peripheral conditioning stimulation as an analgesic measure in chronic pain. *Pain* 6: 347, 1979.
10. Ersek RA: Transcutaneous electrical neurostimulation. *Clin Orthop* 128:315, 1977.
11. Fox EJ and Melzack R: Transcutaneous electrical stimulation and acupuncture: Comparison of treatment for low-back pain. *Pain* 2:141, 1976.
12. Gerish MR and Wolf SL: Applications of transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of patients with pain. *Phys Ther* 65:314, 1985.
13. Hamer DH and Howson DC: Bibliography on electroanalgesia. *Phys Ther* 58:1485, 1978.
14. Harris G and Rollman GB: The validity of experimental pain measures. *Pain* 17:369, 1983.
15. Lampe GN: Introduction to the use of TENS devices. *Phys Ther* 58:1450, 1978.
16. Leo KC, Dostal WF, Bossen DG, Eldridge VL, Fairchild ML and Evans RE: Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation characteristics on clinical pain. *Phys Ther* 66:200, 1986.
17. Licht S: History of Electrodiagnosis. In; *Electrodiagnosis and electromyography*. Vol 1. ed by Licht E. 2nd ed. Baltimore, Waverly Press, 1961, pp. 1-23.
18. Long DM and Hagfors N: Electrical stimulation in the nervous system: The current status of electrical stimulation of the nervous system for relief of pain. *Pain* 1:109, 1975.
19. Malizia E, Andreucci G and Paolucci D: Electroacupuncture and peripheral β -endorphin and ACTH levels. *Lancet* 8:535, 1979.
20. Manheimer JS: Electrode placements for transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther* 58:1455, 1978.
21. Melzack R and Wall PD: Pain mechanisms: A New Theory. *Science* 150:971, 1965.
22. Merskey H: Pain Terms: A list with definitions and notes on usage. *Pain* 6:249, 1979.
23. Moore DE and Blakcer HM: How effective is TENS for chronic pain? *Am J Nurs* 83: 1175, 1983.
24. Mountcastle VB: Pain and temperature sensitivities. In; *Medical Physiology*. Vol 1. ed by Mountcastle VB. St. Louis, The C.V. Mosby Company, 1980, pp. 391-427.

25. Nathan PW and Rudge P: Testing the gate Control theory of pain in man. *J Neurosurg Psychiatry* 37:1366, 1974.
26. Notermans SLH: Measurement of the pain threshold determined by electrical stimulation and its clinical application. In; *Pain: Clinical and experimental perspectives.* ed by Weisenburg M. 1st ed. St. Louis, The C.V. Mosby Company, 1975, pp. 72-87.
27. O'Brien WJ, Rutan FM, Sanborn C and Omer GE: Effects of Transcutaneous electrical nerve stimulation on human blood β -endorphin levels. *Phys Ther* 64:1367, 1984.
28. Paxton SL: Clinical uses of TENS: A survey of physical therapists. *Phys Ther* 60:38, 1980.
29. Picaza JA, Cannon BW, Hunter SE, Boyd AS and Guma J: Pain suppression by peripheral nerve stimulation. *Surg Neurol* 4:105, 1975.
30. Pike PM: Transcutaneous electrical stimulation: Its use in management of postoperative pain. *Anaesthesia* 33:165, 1978.
31. Salar G, Job I and Mingrino S: Effect of transcutaneous electrotherapy on CSF β -endorphin content in patients without pain problems. *Pain* 10:169, 1981.
32. Shealy CN and Mortimer JT: Dorsal column electroanalgesia. *J Neurosurg* 32:560, 1970.
33. Taylor AG, West BA and Simon B: How effective is TENS for acute pain? *Am J Nurs* 83:1171, 1983.
34. Wall PD: The discovery of transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther* 71:348, 1985.
35. Wall PD and Swett WH: Temporary abolition of pain in man. *Science* 155:108, 1967.
36. Wise D: Electrical muscle stimulation. *Sports Medicine Division Newsletter* 6:12, 1981.
37. Wolf SL, Gerish MR and Kunter M: Relationship of selected clinical variables to current delivered during transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther* 58:1478, 1978.
38. Wolff BB: Methods of testing pain mechanisms in normal Man. In; *Textbook of Pain.* eds by wall PD, Melzack R. 1st ed. Churchill Livingstone Inc, New York, 1984. pp. 186-194.
39. Wong RA and Jette DU: Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther* 64:478, 1984.
40. Woolf CJ: Transcutaneous electrical nerve stimulation and the reaction to experimental pain in human subjects. *Pain* 7:115, 1979.
41. Woolf CJ: Transcutaneous and implanted nerve stimulation. In; *Textbook of Pain.* eds by Wall PD, Melzack R. 1st ed. New York, Churchill Livingstone Inc, 1984, pp. 679-689.
42. Zoopi M, Francini F, Maresca M and Procacci P: Changes of cutaneous electrical nerve stimulation in normal subjects and in subjects with chronic pain. *J neurol neurosurg psychiatry* 44:708, 1981.