

고빈도-저강도 경피신경전기자극이 혈장 β -endorphin 농도에 미치는 영향

원광보건전문대학 물리치료과
이재형

인제대학교 보건대학원
박춘서

서울중앙병원 재활의학과
강정구

Effect of Conventional Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Plasma β -endorphin Level

Lee, Jae-Hyoung, R.P.T., M.S.

Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Public Health Junior College

Pack, Chun-Seo, R.P.T.

Dept. of Health Management, Inje University

Kang, Jung-Koo, R.P.T.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, Ulsan University

=ABSTRACT=

The purpose of this study was to examine the effect of analgesia and β -endorphin level as conventional transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) application on acupuncture points. Twelve healthy adult male volunteers were participated in this study. The subjects were assigned to TENS group (n=6) and naloxone group (n=6). The LI 3 and LI 10 meridian points of dominant arm were stimulated comfortably with 100 pps, 75 μ s conventional TENS for 30 minutes. Experimental pain threshold measurement and plasma β -endorphin level were detected before and after conventional TENS application. Experimental pain threshold increased significantly ($p<.01$) but plasma β -endorphin level was not change in TENS group. Experimental pain threshold increased significantly ($p<.01$) but plasma β -endorphin level was not change in naloxone group. In this study, the conventional TENS induced analgesic effect, and plasma β -endorphin level was not increase concomitantly with analgesia. These results suggest that the β -endorphin did not involved in conventional TENS analgesia.

Key Words : Electrotherapy, TENS, Analgesia, β -endorphin, Naloxone

I. 서 론

Melzack과 Wall(1964)이 통증기전의 새로운 이론인 관문조절설을 발표한 이래 1967년 Shealy와 Mortimer(1970)가 통증을 치료하기 위해 전극을 수술적으로 매입하여 척추후주에 전기자극하는 척추후주자극기(dorsal column stimulator)를 개발하여 임상작용에 앞선 실험기구로 경피자극을 시도한 결과 경피전기자극의 진통효과가 우수함이 알려져, 1971년 Shealy(1974)에 의해 원형적인 경피신경전기자극기가 개발되면서 통증의 새로운 치료방법으로 각광을 받기 시작하던 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, 이하 TENS라 약칭)의 이용이 매우 빠르게 확산되었고(Paxton, 1980), 1980년에 이르러 우리나라에서도 경피신경전기자극이 보급되기 시작하여 오늘날 경피신경전기자극은 전통적으로 사용되던 고빈도-저강도 경피신경전기자극(conventional TENS)과 침치료와 특징이 비슷한 저빈도-고강도 경피신경전기자극(acupuncture-like TENS)을 비롯하여 고빈도-고강도 경피신경자극(brief intense TENS), 돌발 경피신경전기자극(burst TENS)등 다양하게 제시되고 있다.

경피신경전기자극은 요통, 관절염 등 근골격계의 각종 질환과 손상에 따른 급성 및 만성 통증(Mannheimer와 Carlsson, 1979; Taylor 등, 1981; Melzack 등, 1983), 신경계의 각종 질환과 손상에 따른 급성 및 만성 통증(McCarthy와 Zigenfus, 1978), 척추수술, 개흉술, 개복술, 제왕절개술 등 각종 수술후 통증(Issenman, 1985; Hollinger, 1986), 복통 및 내장기痛(Millea, 1983; Srikantha 등, 1986), 분만痛(Grim과 Morey, 1985; Keenan 등, 1985), 생리痛(Lundeberg 등, 1985; Lewers 등, 1989), 환상치통(이, 1982; Carabelli와 Kellerman, 1985), 압으로 인한 통증(Goloskov, 1989), 불명痛을 비롯하여 심인성 통증(Gersh와 Wolf, 1985)등, 교감신경계의 이상으로 오는 질환(Bedenheim과 Bonnett, 1983; Leo 등, 1986)의 치료에 광범위하게 사용되고 있고, 척추고정술환자에게 경피신경전기자극한 결과 acetaminophen 및 codeine 투여량이 현저하게 감소하였다는 Issenman 등(1985)의 보고나, 100명의 급성통증환자를 대상으로 경피신경전기자극, acetaminophen 300-600mg 투여, codeine 30-60mg 투여하고 진통효과를 비교한 결과 경피신경자극치료가 약물에 의한 진통효과와

비슷하고 부작용이 없었다는 Ordog(1987)의 보고와 같이 경피신경전기자극의 진통효과가 우수한 것으로 알려져 있으나 경피신경전기자극에 의한 진통작용의 기전이 명확하게 밝혀져 있지 않다.

일반적으로 전통적으로 사용하고 있는 고빈도-저강도 경피신경전기자극은 진통 유발이 빠르게 나타나나 진통지속시간이 짧고 진통기전을 관문조절설, 말초신경의 흥분성변화, 피질억제설, enkephalins 관여설 등으로 설명하고 있다(Melzack과 Wall, 1964; Stratton, 1982; Ignelzi와 Nyquist, 1979; Lee 등, 1985; Sjölund와 Eriksson, 1979; Abram 등, 1981).

그러나 Facchinetti 등(1984), Hughes Jr 등(1984), Almay 등(1985)은 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 β -endorphin이 증가하였다고 보고하여 고빈도-저강도 경피신경전기자극에 따른 진통기전에 β -endorphin이 관계하고 있다 하였으며, O'Brien 등(1985), 길 등(1988)은 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 실험적 통증역치는 증가시키지만 혈장 β -endorphin 농도는 증가시키지 않았다고 보고하였고, Lunderberg 등(1985), Mannheimer 등(1989)은 고빈도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용이 naloxone에 의해 역전되지 않아 경피신경전기자극의 진통작용에 β -endorphin이 관여하지 않고 있다고 하는 등 고빈도-저강도 경피신경전기자극에 의한 진통작용의 기전은 논란의 대상이 되고 있다.

이에 저자들은 첫째, 고빈도-저강도 경피신경전기자극에 따른 실험적 통증역치를 비교하여 진통효과가 있는지를 규명하고, 둘째, 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 혈장 β -endorphin 농도에 영향을 미치고 있는지와 셋째, naloxone 투여가 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용 및 혈장 β -endorphin 농도에 영향을 미치는지를 파악하여 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용에 β -endorphin이 관여하고 있는지를 규명하고자 한다.

II. 시험대상 및 방법

1. 실험대상

실험대상은 원광보건전문대학 재학생 중에서 본 실험에 자원한 21.33 ± 2.19 세의 건강한 남자 12명으로 하였다. 모든 대상자는 감각이상, 운동장애 등 신경근육계의 이상이 없었고 실험 전 24시간부터 실험이 끝날

때까지 실험에 영향을 줄 수 있는 술을 비롯하여 진통제, 항울제, 정온제 등의 약물을 복용하지 않도록 하였다. 12명의 실험대상자를 6명씩 무작위로 나누어 고빈도-저강도 경피신경전기자극군 (제1군)과 naloxone처치군 (제2군)으로 설정하였다.

2. 실험방법

1) 경피신경전기자극 방법

고빈도-저강도 경피신경전기자극군 (제1군)과 naloxone처치군 (제2군)의 모든 대상자를 침대에 편안하게 눕게하여 우측 합곡 (LI 4)과 수삼리 (LI 10)를 찾아 알코올솜으로 피부를 깨끗이 닦고 피부와 전극에 전극 풀을 충분히 바른 다음 15×15mm 크기의 전극을 반창고로 고정하고 맥동빈도 100pps, 맥동기간 75 μ s, 자극강도는 최소근수축이 일어나지 않고 편안한 감각을 느끼는 정도의 저강도로 30분간 자극하였다.

경피신경전기자극기는 Agar Stimulator 8000^o를 사용하였고, 자극조건은 Oscilloscope 3655^o를 사용하였으며, 전극풀은 Single Patient Reusable Self-Adhering Electrode 9300^o를 사용하였으며, 전극풀은 Signa gel^o를 사용하였다.

2) Naloxone처치

Naloxone처치군 (제2군)은 채혈 및 통증역치를 측정하고나서 경피신경전기자극 직전에 naloxone hydrochloride^o 0.4mg을 좌측 팔굽관절 부위의 척측피정맥 (basilic vein)에 주사하였다. Naloxone 은 β -endorphin의 수용체 수용을 차단시키는 아편물질의 길항제로 Chapman과 Benedetti(1977)가 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용을 부분적으로 역전시키는 naloxone의 최소유효용량이 0.4mg이라고 보고한 바 있어 본 실험에서도 0.4mg을 사용하였다.

3) 통증역치 측정

통증역치는 Recording Chronaxie Meter CX-2^o의 통전시간을 300ms로 고정시키고, 직경 5cm의 비활성 전극을 생리식염수에 충분히 적신다음 제 7경추와 제 1흉추부위의 척추사이에 두고 직경 1.5cm의 활성전극은 우측 손목 요골원위단의 가장 돌출된 부위에 대고 1초 간격으로 0.25mA씩 강도를 증가시키면서 Notermans (1975), 이 등(1991)과 같은 방법으로 최초로 찌릿찌릿한 감각 (#1통증)을 느낄 때와 따끔따끔한 감각 (#2

통증)을 느끼지 시작할 때 말로써 보고하도록 하여 최초로 #2통증을 느낄 때를 실험적 통증역치로 결정하였다. 경피신경전기자극 직전과 30분간 경피신경전기자극한 직후에 3회씩 측정하여 평균값을 사용하였다.

4) β -endorphin측정

고빈도-저강도 경피신경전기자극 및 naloxone투여 직전과 30분간 경피신경전기 자극한 후 팔굽관절 부위의 척측피정맥에서 7ml씩 전혈을 채혈하여 EDTA (ethylenedianinetetraacetic acid)시험관에 넣고 완전히 용해될 때까지 잘 흔든 후 2500rpm으로 15분간 원심 분리하여 혈장을 분리해 -20 $^{\circ}$ C에 보관하였다가 Plasma β -endorphin ¹²⁵I RIA Kite를 사용하여 혈장으로부터 β -endorphin을 용출시킨 후 이를 원심분리하여 얻은 침전물을 Cobra γ scintillation counter로 측정하여 표준곡선에서 혈장 β -endorphin농도를 산출하였다.

4) 자료분석

고빈도-저강도 경피신경전기자극군과 naloxone처치군의 고빈도-저강도 경피신경전기자극 전과 후에 측정된 실험적 통증역치, 혈장 β -endorphin 농도를 짝 비교 t 검정 (paired t-test) 하였다. 모든 통계분석은 SPSS.PC^o를 이용하여 전산 처리, 분석하였다.

III. 실험성적

1. 실험적 통증역치의 변화

고빈도-저강도 경피신경전기자극 전에 측정된 실험적 통증역치는 2.50 \pm 2.35mA, 자극 후에 측정된 실험적 통증역치는 4.20 \pm 2.62mA였고, naloxone처치 전 후에 측정된 실험적 통증역치는 각각 2.96 \pm 0.73mA, 4.47 \pm 1.43mA로 나타났다 (Table 1).

Table 1. Experimental pain threshold by using recording chronaxie meter at pre and post stimulation for 30 minutes in conventional TENS group and naloxone group (Mean \pm SD)

| group (N=12) | Pain Threshold(mA) | |
|-----------------|--------------------|-----------------|
| | Pre-treatment | Post-treshold |
| Group 1 (n=6) | 2.50 \pm 2.35 | 4.20 \pm 2.62 |
| Group 2 (n=6) | 2.96 \pm 0.73 | 4.47 \pm 1.43 |

고빈도-저강도 경피신경전기자극군의 전 후, naloxone 처치군의 자극 전후의 실험적 통증역치를 짝비교 t 검정한 결과(Table 2) 고빈도-저강도 경피신경전기 자극군은 실험적 통증역치가 유의하게 증가하였고 ($p < 0.01$), naloxone 처치 군에서도 고빈도-저강도 경피신경 전기자극 전 후의 실험적 통증역치가 유의하게 증가하였다($p < 0.01$).

Table 2. Paired t-test of Experimental pain threshold between pre and post stimulation for 30 minutes in conventional TENS group and naloxone group

| Group | D.F | D.M. | S.D. | S.E. | t | P |
|---------|-----|---------|------|------|-------|------|
| Group 1 | 5 | -1.7000 | .817 | .334 | -5.10 | .004 |
| Group 2 | 5 | -1.5133 | .763 | .312 | -4.86 | .005 |

2. 혈장 β -endorphin 농도의 변화

고빈도-저강도 경피신경전기자극 전 후에 측정된 혈장 β -endorphin 농도는 각각 2.40 ± 0.92 pmol/l, 2.17 ± 0.78 pmol/l 였고, naloxone 처치군의 고빈도-저강도 경피신경전기자극 전 후에 측정된 β -endorphin 농도는 각각 2.80 ± 2.85 pmol/l, 1.92 ± 0.20 pmol/l로 나타났다 (Table 3).

Table 3. Plasma β -endorphin level by RIA at pre and post stimulation for 30 minutes in conventional TENS group and naloxone group (Mean \pm SD)

| group (N=12) | Plasma β -endorphin (pmol/l) | |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| | Pre-treatment | Post-treshold |
| Group 1 (n=6) | 2.40 ± 0.92 | 2.17 ± 0.78 |
| Group 2 (n=6) | 2.80 ± 2.85 | 1.92 ± 0.20 |

Table 4. Paired t-test of plasma β -endorphin level between pre and post stimulation for 30 minutes in conventional TENS group and naloxone group

| Group | D.F | D.M. | S.D. | S.E. | t | P |
|---------|-----|-------|-------|-------|-----|------|
| Group 1 | 5 | .2333 | .985 | .402 | .58 | .587 |
| Group 2 | 5 | .8783 | 2.783 | 1.136 | .77 | .474 |

경피신경전기자극 전 후에 측정된 혈장 β -endorphin 농도를 짝비교 t 검정한 결과 경피신경전기자극군과 naloxone 처치군에서 모두 유의한 변화가 없었다 (Table 4).

IV 고 찰

오늘날 경피신경전기자극은 전통적으로 사용되던 고빈도-저강도 경피신경전기자극과 저빈도-고강도 경피신경전기자극을 비롯하여 고빈도-고강도 경피신경 전기자극, 돌발 경피신경전기자극 등 다양하게 제시되고 있으며 경피신경전기자극의 종류에 따라 진통작용의 특징 및 기전을 달리 설명하고 있다.

100pps, 75ms의 조건으로 근수축이 일어나지 않는 낮은 강도로 자극하는 전통적 경피신경전기자극인 고빈도-저강도 경피신경전기자극은 10분 이내에 진통작용이 나타나 자극 후 30분 정도 지속되어 비교적 진통유발은 빠르게 나타나나 진통지속시간이 짧은 편이다 (Sjölund와 Erikson, 1979; Lampe와 Manheimer, 1984; Hughes 등, 1984). 고빈도-저강도 경피신경 전기자극의 진통기전은 일반적으로 A- δ 섬유를 자극하여 C섬유에 의해 전달되는 유해자극을 척수에서 차단한다는 관문조절설(Melzack과 Wall, 1964; Stratton, 1982)을 비롯하여 말초신경의 반복자극에 따른 흥분성 변화(Ignelzi와 Nyquist, 1979), 피질억제설(Lee 등, 1985)등으로 설명하고 있으며 Sjölund와 Eriksson(1979), Abram 등(1981)은 고빈도-저강도 경피신경전기 자극의 진통기전으로 enkephalins 관여설을 제시하고 있으나 몇몇 학자들은 β -endorphin 관여설을 제시하기도 한다(Facchinetti 등, 1984; Hughes Jr 등, 1984; Almay 등, 1985).

Facchinetti 등(1984)은 건강인을 대상으로 85Hz, 80 μ s의 고빈도 경피신경전기자극한 결과 유해자극굴곡반사(nociceptive flexion reflex)의 역치가 증가하였고 유해자극굴곡반사 역치가 증가함에 따라 혈장 β -lipotropin, β -endorphin 및 ACTH가 유의하게 증가했고 특히 경피신경전기자극 20분 후에 혈장 β -lipotropin 농도가 최대였다고 보고하였고, Hughes Jr 등(1984)은 30분간 의회(U 40)와 곤륜(U 60)dp 101-108 Hz의 고빈도-저강도 경피신경전기자극을 가한 결과 혈장 β -endorphin이 증가하였으며, Almay 등(1985)도 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 뇌척수액내 β -endorphin이 유의하게 증가하여 고빈도-저강도 경피

신경전기자극에 의한 진통작용의 기전을 내재성 아편 물질인 β -endorphin이 관여함을 시사하였다.

그러나 O'Brien 등(1984)은 건강한 남녀 대학생을 대상으로 합곡(LI 4)과 곡지(LI 11)에 80pps, 50 μ s의 고빈도-저강도 경피신경전기자극한 결과 실험적 통증 역치는 증가하였지만 혈장 β -endorphin의 변화는 없었고, naloxone투여로 통증역치의 반전이 일어나지 않았다고 보고하였다. 길 등(1988)도 집토끼의 요추추부 양쪽에 전극을 고정하고 20분간 100pps의 고빈도 경피신경전기자극한 결과 실험적 통증역치는 증가하였으나 혈장 β -endorphin의 증가는 없었다고 보고하여 고빈도-저강도 경피신경전기자극에 의한 진통작용에 β -endorphin이 관여하지 않는다고 하였다.

또한 Hansson 등(1986)은 100 pps의 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 발치환자의 통증역치는 상승되었으나 naloxone 투여로 통증역치의 반전은 일어나지 않았다고 보고하였으며, Sjölund와 Eriksson(1979)도 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통효과가 naloxone 투여로 역전되지 않았다고 보고하였다. Lundeberg 등(1985)은 생리불순환자에게 100Hz의 고빈도 경피신경전기자극을 가한 결과 진통작용이 나타났으나 naloxone 투여가 진통작용에 아무런 영향을 주지 않았다고 보고하였고, Abram 등(1981)은 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통효과는 naloxone에 의해 역전되지 않았다고 보고하였으며, Mannheim 등(1989)도 협심증환자를 대상으로 고빈도 경피신경전기자극한 결과 진통작용이 있었으나 전기자극으로 유발된 진통작용은 naloxone에 의해 역전되지 않았음을 보고하여 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용에 β -endorphin이 관여하지 않고 있다고 보고 하였다.

본 실험에서는 100pps, 85ms의 고빈도-저강도 경피신경전기자극 전 후에 측정된 실험적 통증역치가 경피신경전기자극 전 2.50 \pm 2.35mA에서 경피신경전기자극 후 4.20 \pm 2.62 mA로 유의하게 증가하여(p<0.01) 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 진통작용이 있음을 보여주었으나, 혈장 β -endorphin 농도는 자극 전 2.40 \pm 0.92 pmol/l 자극 후 2.17 \pm 0.78 pmol/l로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 naloxone 0.4 mg/kg을 정맥에 투여하고 30분간 고빈도-저강도 경피신경전기자극을 가한 naloxone처치군에서는 실험적 통증역치는 자극전 2.96 \pm 0.73mA에서 자극 후 4.47 \pm 1.

43 mA로 유의하게 증가하여 naloxone투여가 통증역치를 역전시키지 못하였고 경피신경전기자극 전 후에 측정된 β -endorphin농도도 각각 2.80 \pm 2.85 pmol/l, 1.92 \pm 0.20 pmol/l로 유의한 차이가 없어 naloxone β -endorphin 농도에 영향을 주지 못하여 O'Brien 등(1984), 길 등(1988), Hansson 등(1986), Sjölund와 Eriksson(1979), Lundeberg 등(1985), Abram 등(1980), Mannheim 등(1989)등의 견해와 일치하였다.

이러한 결과는 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용에 내지성 아편물질인 β -endorphin이 관여하지 않고 있음을 보여주고 있었다.

그러나 통증은 추상적이고 개인적인 감각적 및 정서적 경험으로 매우 복잡한 현상이며 혈장 β -endorphin농도의 개인차와 일증변동이 크고, 경피신경전기자극은 맥동빈도, 맥동기간, 자극강도뿐만 아니라 전극의 위치 및 배치방법에 따라 진통효과가 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있기 때문에 경혈 이외의 다른 부위의 자극에 대한 연구와 환자를 대상으로한 연구가 더 필요하다고 생각된다.

V 결 론

저자는 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 진통효과가 있는지의 여부와 고빈도-저강도 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용에 β -endorphin이 관여하고 있는지를 규명하고자 건강한 성인 남자 12명을 고빈도-저강도 경피신경전기자극군과 naloxone처치군을 설정하여 합곡과 수삼리 경혈을 30분간 자극하고 실험적 통증역치, 혈장 β -endorphin농도를 측정하고 아편제 길항제인 naloxone이 통증역치 및 혈장 β -endorphin에 영향을 미치는지 관찰하였다.

실험결과 고빈도-저강도 경피신경전기자극군은 실험적 통증역치가 통계학적으로 유의하게 증가하였으며(p<0.01), naloxone투여가 실험적 통증역치에 영향을 주지 않았고, 혈장 β -endorphin 농도의 변화가 없었으며 naloxone투여도 혈장 β -endorphin 농도에 영향을 주지 않았다.

이러한 결과는 고빈도-저강도 경피신경전기자극이 진통효과를 유발시켰고, 고빈도-저강도 경피신경전기자극의 진통효과에 내재성 아편물질인 β -endorphin이 작용하지 않는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 길호영, 이두익, 김철호, 김진식, 최영규, 신광일 : 경피신경자극이 통증역치와 혈장 Beta-endorphin치에 미치는 영향. 대한통증학회지 2(2)145-154, 1989
2. 이재형 : 환상지통의 경피신경전기자극치료에 관한 임상적 고찰. 원광보건연구지 5 : 97-105, 1982.
3. 이재형, 송인영, 재갈승주, 강정구 : Naloxone투여가 경피신경전기자극으로 유발된 진통작용에 미치는 영향. 대한물리치료사학회지 12(2) : 85-94, 1991.
4. Abram SE, Reynolds AC, Cusick JF : Failure of naloxone to reverse analgesia from transcutaneous electrical stimulation in patient with chronic pain. *An+esth Analg* 60 : 81-81, 1981
5. Almy BG, Johansson F, von Knorring L, Sakurada T, Terenius L : Long-term high frequency transcutaneous lectrical stimulation in clinical pain : Clinical response and effects on CSF-endorphins, monoamine metabolites, substance P-like immunoreactivity (SPLI) and pain measures. *J Psychosom Res* 29(3) : 247-257, 1985
6. Bodenheim R, Bennett JH : Reversal of a Sudeck's atrophy by the adjunctive use of transcutaneous electrical nerve stimulation. *Phys Ther* 63 : 1287-1288, 1983
7. Carabelli RA, Kellerman WC : Phontom limb pain : Relief by application of TENS to contralateral extremity. *Arch Phys Med Rehabil* 66 : 466-467, 1985
8. Chapman RN, Benedetti C : Analgesia following transcutaneous electrical stimulation and its partial reversal by a narcotic antagonist. *Life Sci* 21 : 1645-1648, 1977
9. Facchinetti F, Sandrini G, Petraglia F, Alfonsi E, Nappi G, Genazzani AR : Concomitant increase in nociceptive flexion reflex threshold and plasma opioids following transcutaneous nerve stimulation. *Pain* 19 : 295-303, 1984
10. Gersh MR, Wolf SL : Applications of transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of patients with pain. *Phys Ther* 65 : 314-336, 1985
11. Goloskov NP, Saltanov AI, Mistakopulo NF, Kushinskii NE, Rylov VV : Effect of electroanesthesia and neuroleptanalgesis on blood plasma beta-endorphin level during surgical intervention in cancer patients. *Anestheziol Reanimatol* 1989(3) : 49-51, 1989
12. Grim LC, Morey SH : Transcutaneous electrical nerve stimulation for relief of parturition pain. *Phys Ther* 65 : 337-340, 1986
13. Hansson P, Ekblom A, Thomsson M, Fjellner B : Influence of naloxone on relief of acute oro2facial pain by transcutaneous electrical nerde stimulation or vibration. *Pain* 24-323-329, 1986
14. Hollinger JL : Transcutaneous electrical nerve stimulation after cesarean birth. *Phys Ther* 66 : 36-38, 1986
15. Hughes GS Jr, Lichstein PR, Whitlock D, Harker C : Response of plasma beta-endorphin to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Phys Ther* 64(7) : 1062-1066, 1984
16. Igelzi RH, Nyquist JK : Excitability changes in peripheral verve fibers after repetitive electrical stimulation. *J Neurosurg* 51 : 1443-1449, 1979
17. Issenman J, Nolan MF, Rowley J, Hobby R : Transcutaneous electrical nerve stimulation for pain control after spinal fusion with Harrington rods. *Phys Ther* 65(10) : 1517-1520, 1985
18. Keenan DL, Simonsen L, McCrann DJ : Tanscutaneous electrical nerve stimulation for pain control during labor and delivery. *Phys Ther* 65 : 1363-1364, 1985
19. Lampe GN, Manheimer JS : Stimulation Characteristics of TENS. In : *Clinical Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*. Manheimer JS, Lampe GN(Ed.), FA Davis, Philadelphia, 1984, p.199-218

20. LeeKH, Chung JM, Willis WD Jr : *Inhibition of primate spinothalamic tract cells by TENS. J Neurosurg* 62 : 276-287, 1985
 21. LeoKC, Dostal WF, Bossen DG, Eldridge VL, Fairchild ML, Evans RE : *Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation characteristics on clinical pain. Phys Ther* 66 : 200-205, 1986
 22. Lewers D, Clelland JA, Jackson JR, Varner RE, Bergman J : *Transcutaneous electrical nerve stimulation in relief of primary dysmenorrhage. Phys Ther* 69 : 3-9, 1989
 23. Lundeborg T, Bondesson L, Lundstrom V : *Relief of primary dysmenorrhea by transcutaneous electrical nerve stimulation. Acta Obstet Gynecol Scand* 64 : 491-497, 1985
 24. Mannheimer C, Carlsson CA : *The analgesic effect of transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with rheumatoid arthritis : A comparative study of different pulse patterns. Pain* 6 : 329-334, 1979
 25. Mannheimer C, Emanuelsson H, Waagstein F, Wilhelmsson C : *Influence of naloxone on the effects of high frequency transcutaneous electrical nerve stimulation in angina pectoris induced by atrial pacing. Br Heart J* 62(2) : 36-42, 1989
 26. McCarthy JA, Zigenfus RW : *Transcutaneous electrical nerve stimulation : An adjunct in the pain management of Guillain-Barre syndrome. Phys Ther* 58 : 23-243, 1978
 27. 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 : 489-493, 1983
 28. Melzack R, Wall PD : *Pain mechanism. A new theory. Sci* 150 : 971-979, 1965
 29. Millea TP : *Transcutaneous electrical nerve stimulation in the management of non-operative intra-abdominal pain. Phys Ther* 63 : 1280-1282, 1983
 30. Notermans SLH : *Measurement of the pain threshold by electrical stimulation and its clinical application. In Weisenburg M(ed) : pain. Clinical and experimental perspectives. St Louis, CV Mosby, 1975, pp72-87*
 31. O'Brien WJ, Rutan FM, Sanborn C, Omer GE : *Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on human β -endorphin levels. Phys Ther* 64 : 1367-1374, 1984
 32. Ordog GJ : *Transcutaneous electrical nerve stimulation versus oral analgesic : a randomized double-blind controlled study in acute traumatic pain. Am J Emerg Med* 5(1) : 6-10, 1987
 33. Paxton SL : *Clinical use of Transcutaneous electrical nerve stimulation. A clinical survey of physical therapists. Phys Ther* 60 : 97-105, 1980
 34. Shealy CN, Mortimer JT : *Dorsal column electroanalgesia. J Neurosurg* 32 : 560-, 1970
 35. Sjölund BH, Eriksson MBE : *The influence of naloxone on analgesia produced by peripheral conditioning stimulation. Brain Res* 173 : 295-301, 1979
 36. Srikantha K, Choi JI, Wu WH : *Electrical stimulation of the celiac plexus for pain relief in chronic pancreatitis. Acupunct Electrother Res* 11 : 111-117, 1986
 37. Stratton SA : *Role of endorphins in pain modulation. J Orthop Sports Phys Ther* 3 : 200-205, 1982
 38. Taylor P, Hallett M, Flaherty L : *Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation. Pain* 11 : 1175-1177, 1981
- a : Ginosar Electronics & Metal Products, Germany.
b : Yokogawa Hokushin Electric, 9-32 Nakacho 2-chome, Musashini-shi, Tokyo, Japan.
c : Medtronic Andover Medical, Lowell, Mass 01852, U.S.A.
d : Parker Laboratories, Ind., Orange, New Jersey 07050, U.S.A.
e : 삼진제약주식회사, 서울시 마포구 서교동 338-8.

f : OG Giken Co., Ltd, 1835, Miyoshi, Okayama, Japan.
g : Incstar Corporation, Stillwater, Minnesota 55082,

U.S.A.
h : 800 Research Park Way, Merridien, 06450 U.S.A.