

## 경피신경전기자극과 초음파가 전기생리학적 반응에 미치는 영향

대구대학교 재활과학대학원 물리치료전공  
백수정·이미애  
대구대학교 재활과학대학 물리치료학과  
김진상  
영동전문대학 물리치료과  
최진호

### Effects on Electrophysiologic Responses to the Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation and Ultra Sound

Baek, Su-Jeong, P.T. • Lee, Mi-Ae, P.T.

Major in Physical Therapy Major, Graduate School of Rehabilitation Science, Taegu University

Kim, Jin-Sang, D.V.M., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University

Choi, Jin-Ho, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Yeongdong Junior College

#### <Abstract>

The purpose of this study was to investigate the influence of afferent stimuli, transcutaneous electrical nerve stimulation and ultra sound, on the electordiagnostic study of normal subjects.

Electrodiagnostic study was performed before and after the application of afferent stimulation of the right popliteal fossa on 18 healthy female volunteers. After the transcutaneous electrical nerve stimulation, there is no significantly change of latencies and amplitudes of SEP, H-reflex, peroneal nerve F-wave, and sensory nerve conduction. After the ultra sound, there is no significantly change of latencies and amplitudes of SEP, H-reflex, peroneal nerve F-wave, and sensory nerve conduction. Tibial nerve F-wave and motor nerve shows prolonged latency after TENS and US ( $p < 0.01$ ).

Ultrasound may have a similar mechanism of action compared to transcutaneous electrical nerve stimulation by having localized inhibitory effects of the peripheral nerve. However, further investigation is needed to assess their mechanism of action and the precise relevance of stimulation modality.

#### I. 서론

인체에 대한 전기의 이용은 현대에 들어서면서 급격히

증가하고 있다. 탈신경근을 자극하여 마비근의 활력 및 근력을 유지시키는 전통적 전기치료에만 국한되지 않고 신경지배근 또는 신경을 자극하여 근력 및 지구력을 증진시키고, 관절강직 감소, 근재교육, 기능훈련, 통증 및

근경축 완화, 경련성 완화, 부종 감소, 창상치유, 순환증진 등의 목적으로 매우 폭 넓게 사용하고 있다.

이 중 통증은 물리치료실에 내원하는 환자들이 있어서 가장 흔하게 수반되는 임상 증상이다. 여러 가지 통증 제어법들이 알려져 있지만 경피신경전기자극법(TENS, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)은 거의 부작용이 없는 것으로 매우 유용하게 사용할 수 있는 기구들 중의 하나이다(민경옥, 1993). 그 기전은 관문조절설(Melzack, 1965), 통증 전달의 역향성 차단(antidromic blocking)(LeBars 등, 1979), 내인성 아편제의 유리(Mayer, 1977) 등이 있다.

관문조절설은 동통을 느끼지 않을 정도의 경피적 신경 자극에 의해 굵은 신경섬유가 자극되어 통증을 전달하는 가는 신경섬유의 자극전달을 척수신경 배각에서 집합하기 전에 억제하며 또 뇌에서 내려오는 원심성 자극에 의해 다소 조절이 된다는 가설이다(Denis 등, 1977). 말초전도차단설은 고빈도의 경피신경전기자극에 의해 신경섬유가 절대불응기 상태가 되거나 고빈도의 경피신경전기자극이 더 말초부위로부터의 자극과 서로 충돌하여 말초부위 자극의 구심성 전달이 불가능해진다는 가설이다(Cottingham 등, 1985). 가장 잘 알려진 유효성 경로(nociceptive tracts)은 척수시상로(spinothalamic tract)이다(White, 1982). 척수시상세포들은 뇌에 통증 정보를 전달한다.

또한 초음파는 심부열 치료용으로 많이 이용되고 있으며, 다른 심부열 치료기에 비해 사용방법이 간편하고, 선택적 조직온도 상승을 일으킬 수 있는 장점이 있다(고현윤과 김경수, 1993). 초음파 치료가 조직에 미치는 영향은 온열효과와 비온열효과로 나눌 수 있는데 온열효과에 의한 조직내의 변화로는 말초동맥 혈류량의 증가, 조직내 대사변화와 생체막의 투과성 변화, 신경전도속도의 증가, 동통역치 증가, 연부조직의 신축성 증가가 있다(Baldes 등, 1958; Lehmann 등, 1982). 비온열효과로는 가스형성에 따른 공동형성, 혈소판 응집 촉진, 정맥류 폐양의 치료촉진 등이 있다(Coakley, 1978).

이러한 경피신경전기자극과 초음파는 급성 및 만성 통증의 치료, 근경축 완화에 널리 이용되어 왔으며, 최근에 그것의 효과에 대해 많이 연구되고 있으나 생리학적 기전에 대해서 확실히 알려진 바가 없다(정한영과 권희규, 1993).

최근에 연구되고 있는 방법 중 하나인 체성감각유발전위 및 신경전달속도의 변화를 측정함으로써 이러한 전기

자극에 대한 효과의 정량적 측정이 가능해졌다. 이에 본 연구에서는 경피신경전기자극과 초음파 자극의 전과 후에 신경생리학적 검사를 시행하여 반응을 살펴보고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 대 상

대상은 근육 신경계에 이상소견이 없으면서, 과거력상 고혈압, 당뇨병 및 신경계 질환을 앓은 적이 없었던 건강한 성인여자 18명을 대상으로 하였다. 검사 시행전 최소한 12시간 동안 심한 물리적 활동을 금하고 알콜이나 카페인을 함유한 음식물의 복용을 삼가도록 하였다. 연령은 21세에서 32세로 평균 26세였고, 신장은 152cm에서 170cm로 평균 161.3cm였다. 피검자들의 경골내과에서 제 2요추의 극상돌기까지 신경의 길이는 90cm부터 108cm 사이로 평균 98.6cm였으며 이들을 무작위로 두 군으로 구분하였다(Table 1).

Table 1. Subject

	US	TENS
Age	25.6	26.4
Height	160.6	161.8
Nerve length	98.8	98.3

### 2. 방 법

경피신경전기자극은 HOMER ION 기계를 사용하여 주파수 100Hz, 파폭 7 $\mu$ s 을 선택하였고, 강도는 30mA로 통증을 느끼지 않는 정도로 15분 동안 시행했다. 조건자극을 시행하는 부위는 슬와부에 활동전극을, 그 하방 2cm의 비복근에 참고전극을 부착하였다. 초음파는 1MHz, 1W/cm<sup>2</sup>의 자극으로 슬와부에서 후경골신경을 기준으로 수직이동 방법으로 15분동안 시행했다. 피검자의 자세는 복와위를 취하였다.

근전도 기기는 Cadwell Excel(미국 Cadwell사) 근전도기를 사용하였으며, 근전도실의 온도를 23 $^{\circ}$ C에서 25 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 각각의 자극전과 15분간의 자극후에 우측 하퇴부에서 비골신경, 후경골신경의 운동신경전도검사, 후경골신경의 체성감각 유발전위, H-반사, F파 및 비복신경의 감각신경전도 검사를 시행하여 잠시, 진폭 및 전도속도를 측정하였다. 신경전도 검사는 Oh(1993)가 기술한 방법으로 시행하여 잠시, 진폭 및 전도속도를 구하였

다. 체성감각유발전위 검사는 족관절의 내과(medial malleolus)에서 경골신경을 자극하여 10-20 국제뇌파 기록법의 지표 중 Fz에 참고전극을 두고 Cz에서 후방 2cm 인 Cz에 활동전극을 두어 300회의 평균화(averaging)과정을 거쳐 첫 음성전위의 정점 N20과 첫 양성전위 P37의 잠시와 진폭을 구하였다.

통계는 각각의 자극 전과 직후에 전기생리학적 변화를 검증하기 위하여 paired t-test를 시행하였고 p<0.01에서 유의하다고 판정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 경피신경전기자극직후 운동신경 및 감각신경전도검사

비골신경의 원위 잠시는 조건자극전 4.08±0.49msec에서 자극 후에 4.39±0.47msec로 통계학적으로 유의한 증가를 보였다. 경골신경의 원위 잠시는 조건자극전 3.55±0.32msec에서 자극 후에 3.83±0.32msec로 통계학적으로 유의하게 증가하였다. 비복신경의 원위 잠시는 자극전 3.41±0.10msec에서 자극 후 3.46±0.05msec로 증가하였으나 통계학적인 의미는 없었다(Table 2).

Table 2. Sensory and Motor Nerve Terminal Latency Before and After TENS

	Before TENS	After TENS
Peroneal Nerve (msec)	4.08±0.49	4.39±0.47*
Tibial Nerve (msec)	3.55±0.32	3.83±0.32*
Sural Nerve (msec)	3.41±0.10	3.46±0.05

Values are mean and SD.

\*p<0.01

#### 2. 경피신경전기자극직후 체성감각 유발전위검사

대뇌피질 SEP의 평균 P37 잠시는 조건자극 시행전 37.53±1.69msec에서 시행후 37.96±2.02msec로 증가하였으나 통계학적 의미는 없었다. 진폭은 4.28±1.75mV에서 3.71±1.17mV로 감소하였으나 통계학적 의미는 없었다. 요추 SEP의 평균 N20 잠시는 조건자극 시행전 20.39±1.13mV에서 시행후 20.93±1.23mV로 증가하였다. 진폭은 1.59±0.52mV에서 1.38±0.56mV로 감소하였

Table 3. Tibial Nerve SEP Study Before and After TENS

	Before TENS	After TENS
P37 latency (msec)	37.53±1.69	37.96±2.02
amplitude (μV)	4.28±1.35	3.71±1.17
N20 latency (msec)	20.39±1.13	20.93±1.23
amplitude (μV)	1.59±0.52	1.38±0.56

Values are mean and SD.

나 통계학적 의미는 없었다(Table 3).

#### 3. 경피신경전기자극직후 H반사 및 F파 검사

비골신경 F파의 조건자극 시행전은 44.13±3.71msec에서 시행후 44.53±3.69msec로 증가하였으나 통계학적 의미는 없었다. 경골신경 F파의 자극전은 43.54±3.45msec에서 44.30±3.28msec로 통계학적으로 유의한 증가를 보였다. H파 반응은 자극전이 25.43±1.20msec에서 자극후 25.75±1.21msec로 증가하였지만, 통계학적 의미는 없었다(Table 4).

Table 4. H-reflex and F-wave Study Before and After TENS

	Before TENS	After TENS
Peroneal F-wave latency	44.13±3.71	44.53±3.69
Tibial F-wave latency	43.54±3.45	44.30±3.28*
H-reflex latency (msec)	25.43±1.20	25.75±1.21

Values are mean and SD

\*p<0.01

#### 4. 초음파 직후 운동신경 및 감각신경전도검사

비골신경의 원위 잠시는 자극전 4.00±0.60msec에서 자극후 4.24±0.54msec로 통계학적으로 유의하게 증가하였다. 경골신경 원위 잠시는 자극전 3.39±0.42msec에서 자극후 3.77±0.42msec로 통계학적으로 유의하게 증가하였다. 비복신경의 잠시는 3.40±0.27msec에서 3.46±0.28msec로 증가하였지만, 통계학적인 의미는 없었다(Table 5).

**Table 5. Sensory and Motor Nerve Terminal Latency Before and After US**

	Before US	After US
Peroneal Nerve (msec)	4.00±0.60	4.24±0.54*
Tibial Nerve (msec)	3.39±0.42	3.77±0.42*
Sural Nerve (msec)	3.40±0.27	3.46±0.28

Values are mean and SD.

\*p<0.01

### 5. 초음파 직후 체성감각유발전위검사

대뇌피질 SEP의 평균 P37의 잠시는 36.47±1.81msec에서 36.80±2.04msec로 증가하였고, 진폭은 5.47±2.45mV에서 5.15±2.37mV로 감소하였다. 요추 SEP의 평균 N20의 잠시는 20.06±1.35msec에서 자극후 20.22±1.60msec로 증가하였고, 진폭은 2.12±0.89mV에서 1.86±0.92mV로 감소하였으나 모두 통계학적으로 유의하지는 않았다(Table 6).

**Table 6. Tibial Nerve SEP Study Before and After US**

	Before US	After US
P37 latency (msec)	36.47±1.81	36.80±2.04
amplitude (uV)	5.47±2.45	5.15±2.37
N20 latency (msec)	20.06±1.35	20.22±1.60
amplitude (uV)	2.12±0.89	1.86±0.92

Values are mean and SD.

### 6. 초음파 직후 H반사 및 F파 검사

비골신경의 F파 잠시는 자극전 43.45±3.59msec에서 자극후 44.44±3.60msec로 증가하였지만 통계적 의의는 없었고, 경골신경의 F파 잠시는 42.35±2.88msec에서 43.04±3.01msec로 증가하여 통계학적으로 유의하였다. H반응은 자극전 25.17±1.25msec에서 자극후 25.21±1.50msec로 증가하였으나 통계학적 의의는 없었다(Table 7).

## IV. 고 찰

인체에 대한 전기의 이용은 현대에 들어서면서 급격히 증가하고 있다. 특히 신경계 질환의 연구 및 진단이 전기

**Table 7. H-reflex and F-wave Study Before and After US**

	Before US	After US
Peroneal F-wave latency (msec)	43.45±3.59	44.44±3.60
Tibial F-wave latency (msec)	42.35±2.88	43.04±3.01*
H-reflex latency (msec)	25.17±1.25	25.21±1.50

Values are mean and SD.

\*p<0.01

를 이용하여 많이 시행되고 있다. 전기치료는 말초신경 손상에 의한 마비환자에서 지배신경근 또는 신경을 자극하여 근위축 속도의 지연, 근력의 강화, 관절강직 감소, 통증 및 근경축의 완화, 근육의 재교육과 기능훈련, 혈전증 및 욕창의 방지, 중추신경에 의한 마비근의 무용성 위축 방지를 위해 많이 사용되고 있다(Kohke 등, 1990).

경피신경전기자극(TENS)은 통증제어를 위해 물리치료실에서 흔히 사용되는 기구 중 하나로 그 이론적 근거는 Melzak과 Wall의 관문조절설(gate control theory)에 기초한 말초 및 중추신경계의 작용이 많이 거론되고 있다. 그 밖에 말초신경에서의 전도차단설(conduction block)과 중추신경계에서의 엔돌핀(endorphins)의 역할, 그리고 자율신경계의 변화가 강조되고 있다(Biedehach 등, 1991). 이 중 말초신경자극으로 통증을 감소시킬 수 있다는 가설로 Melazck과 Wall의 관문조절설이 중요하게 받아들여지고 있다. 관문조절설은 동통을 느끼지 않을 정도의 경피적 신경자극에 의해 굵은 신경섬유가 자극되어 통증을 전달하는 가는 신경섬유의 자극전달을 척수신경 배각에서 접합하기 전에 억제하며 또 뇌에서 내려오는 원심성 자극에 의해 다소 조절이 된다는 가설이다(Denis 등, 1977). 말초 전도차단설은 고빈도의 경피신경전기자극에 의해 신경섬유가 절대불응기 상태가 되거나 고빈도의 경피신경전기자극이 더 말초부위로부터의 자극과 서로 충돌하여 말초부위 자극의 구심성 전달이 불가능해진다는 가설이다(Cottingham 등, 1985). 가장 잘 알려진 유해성 경로(nociceptive tracts)는 척수시상로(spinothalamic tract)이다(White, 1982). 척수시상세포들은 뇌에 통증 정보를 전달한다. Chung 등(1984)은 말초신경자극으로 내인성 아편제를 유리시켜 척수시상세포를 억제한다고 했다. 유해성 자극처럼 통증성 감각 입력은 중추신경내의 척수, 뇌간, 시상 같은 여러 부위에서 조정되어 질 수 있다. 조정(modulation)은 엔돌핀계 같은 과정을 통해 내인적으로 유발될 수 있거나 TENS 같은 전

기자극처럼 외인적으로 유발될 수도 있다(Thorsteinsson, 1987). Campbell 등(1973)은 고주파 전기자극후 정중신경의 전도차단(conduction block)을 보고했다. 이들은 정중신경중 A $\alpha$ 섬유의 잠시의 증가와 진폭의 감소, A $\delta$ 섬유의 진폭감소를 관찰했다. 박 등(1991)의 정중신경에 대한 연구에서 감각신경과 운동신경의 잠복기가 유의하게 지연되었고, 진폭의 변화는 통계학적으로 유의하지 않음을 보였다. 잠복기 증가에 대한 기전은, 신경전도의 차단(block)이 아니라 과분극(hyperpolarization)에 의한 것이라고 하였다. Bostock과 Grafe에 의하면 20-50Hz의 고주파 자극은 Ranvier node에서 과분극을 일으켜 분극에 대한 역치를 증가시켰다고 하며, 또한 이러한 과분극은 세포내 Na<sup>+</sup>의 농도 증가로 인한 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump의 활성(activity)의 증가에 기인한 것으로 보고하였다. Fisher(1991)의 연구에 의하면 전기자극을 가한 후 F파의 잠복기는 증가하고 진폭, 전위기간, 지속성이 감소함을 보고하면서 이는 central motor neuron pool의 흥분성 감소와 A $\delta$ 감각신경을 통한 역행성 활성화가 억제된 것으로 보았다. 즉 말초신경에 대한 전기자극이 탈수초화된 소섬유(unmyelinated small fiber)인 C나 A $\delta$  감각신경에 억제성 변화를 가져온다고 보고하였다. 이등(1991)은 슬와부의 경골신경을 전기자극한 후 원위부 신경전도의 변화는 없이 자극한 신경을 경유하는 H반사, F파와 체성감각 유발전위의 잠시가 증가하는 것을 관찰하였다. 유발전위의 임상적 의의는 해당 감각계 또는 감각신경의 주행을 따라 신경 기능을 간접적으로 그리고 객관적으로 평가할 수 있는 방법을 제공하는데 있다(김형두 등, 1997). 경피신경전기자극의 중추신경계에서의 작용은 엔돌핀(endorphins)의 역할이 강조되고 있으며 이는 저빈도, 고자극의 침 자극형 경피신경전기자극에서 많이 논의되고 있다. 한테훈 등(1995)의 연구에서 고주파 TENS 적용 후 H반사의 기시잠시의 변화가 자극전보다 자극직후에 통계학적으로 유의하게 지연되어 고주파 TENS 치료가 H반사를 억제한다고 했다. 이는 TENS의 작용기전이 척수 수준의 운동신경원 흥분의 다연접성 억제가 적합하다는 것을 시사한다고 하였다. 이청기 등(1993)의 연구에서 전기치료후 H반사와 체성감각유발전위와 F파의 잠복기 지연이 통계학적으로 유의함을 나타냈다. 말초신경전도의 잠복기, 진폭, 신경전도속도 및 체성감각유발전위의 P1N1 진폭에서는 의미있는 변화가 없음을 보고하였다. 이 연구의 결론은 통상적 전기치료는 원위부 말초신경계에는 의미있는 변화를 가져오지 않으나, 치료적 강도의 전

기자극이 척수 또는 신경근을 포함하는 척수부위에서 전도성을 억제하는 것으로 유추했다.

Salar 등(1980)은 경피신경전기자극 20분후부터 척수액과 채액에서의  $\beta$ -엔돌핀의 증가를 보이기 시작하였고, 약 90분 후에는 감소하였다고 보고하였다. Schieppati는 경피신경전기자극과 체성감각 유발전위검사를 실시한 결과 척수신경 배측 입구의 전위인 N13이하에서는 전위의 진폭에 변화가 없으나 척수 신경어상의 전위인 P14, N19, P22에서는 진폭이 감소함을 보고하여 주로 설상핵(cuneate nucleus)과 내측용대(medial lemniscus)의 접합전, 후에서 작용할 것으로 예상하였다(Nardone 등, 1989). 또한 Abbruzzese(1980), 권희규 등(1990)은 경피신경전기자극 대신 진동을 주어 조사한 실험에서 진동의 작용부위는 용대(lemniscus)와 척수소뇌(spinocerebellar inputs) 사이이며 시상핵과 대뇌부위인 것으로 보고하였다. 이등(1997)은 경피신경전기자극 후 말초신경전도검사상 의미있는 변화를 일으키지 않으면서 체성감각유발전위, H반사, F파의 잠시가 자극전보다 느려지고, 또한 H반사의 진폭이 자극전보다 감소한 것을 통해  $\alpha$ 운동신경섬유 전도와 척수내의 감각성 신경에 억제성 변화를 가져온 것으로 보고하였다.

최근 전기치료의 한 부분인 고주파 치료에서 동통완화와 근경축완화를 목적으로 초음파를 많이 사용하고 있으나 현재까지 임상 적용에서 그 작용기전이 불분명한 상태이다. 초음파는 인간의 귀로 듣기에는 너무나 높은 주파수에서 종축압파 파동(longitudinal compression wave)으로 전파되는 음향진동의 형태로 압박과 회화가 교대하면서 매질의 성분을 전파방향으로 진동시킨다. 초음파는 다른 심부열 치료기에 비해 사용방법이 간편하고, 금속 삽입물이 있는 경우에도 안전하게 사용할 수 있고, 각 조직의 서로 다른 흡수계수를 이용하여 치료부위에 선택적으로 조직온도 상승을 일으킬 수 있는 장점이 있다. 초음파는 주로 심부조직의 온도를 증가시키는데 사용되었다. 따라서 조직 재생에 관한 연구가 많지만(Dyson 등, 1968; Duson 등, 1978; Stevenson 등, 1986), 말초신경에 관한 보고는 드물다. 초음파 치료가 조직에 미치는 영향은 온열효과와 비온열효과로 나눌 수 있는데 온열효과에 의한 조직내의 변화로는 말초동맥 혈류량의 증가, 조직내 대사변화와 생체막의 투과성 변화, 신경전도속도의 증가, 동통역치 증가, 연부조직의 신축성 증가, 세포주기율(cell cycling rates)의 증가, 모세혈관막과 부종형성과 열충격단백질(heat shock protein) 산출을 통한 단백질 누

출(leakage)의 증가 등이 있다(Baldes 등, 1958; Lehmann 등, 1982; Barnett 등, 1994). 비온열효과로는 가스형성에 따른 공동형성, 혈소판 응집 촉진, 정맥류 कै양의 치료촉진 등이 있는데, 비온열효과라도 온도상승에 의한 효과와 일부분 중복되어진다(Coakley, 1978).

Halle 등(1981)은 초음파 적용으로 감각신경 전달속도의 증가를, Madsen 등과 Gersten(1961)은 운동신경 전달속도의 증가와 감소 둘다를 보고했다. 이것은 운동신경에 대한 초음파의 효과가 강도와 관계있고, 초음파의 온열효과와 비온열효과 간의 관계때문임을 나타낸다. Szumski (1960)는 신경조직에 대한 초음파의 효과를 말초신경을 선택적으로 따뜻하게 하고, 흥분(impulse) 전도를 변화시키거나 차단시키고, 막투과성과 조직대사를 증가시킨다고 했다. 그는 위의 것들이 초음파의 온열효과 때문이고, 이것이 통증을 완화시킨다고 했다. Lehmann 등(1958)은 초음파를 척골신경에 적용시 원위부쪽에 마취효과(analgesic effect)를 발견했다. 그는 초음파 에너지 흡수 때문에 일어나는 온도의 상승 혹은 열적응으로 신경전달이 일시적으로 차단된다고 결론지었다. Zankel (1966)은 운동신경 전달속도가 떨어지는 것이 기계적 역할(micromassage action)로 막을 투과하는 전해질 교환속도때문이라고 했다.

본 연구에서는 경피신경전기자극과 초음파의 경우 다른 연구에서 관찰할 수 있었던 것처럼 H-반사, 체성감각 유발전위의 잠시와 진폭 등의 변화는 볼 수 없었지만, 운동신경의 원위 잠시의 변화를 초래하여 말초의 국소적인 신경차단 효과가 있는 것으로 생각된다. 하지만 경골신경 F파 반응이 자극전에 비해 자극 직후에 증가한 것으로 보아 신경의 근위부에서의 억제효과도 배제할 수는 없다. 따라서, F파의 전도시간, F파 비율, H/M 비율 등을 고려해 더 보충적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

전기자극에 의해 유발된 신경계 반응의 변화되는 양상을 관찰하기 위하여 신경근육계에 이상이 없는 18명의 건강한 성인 여자를 대상으로 슬와부에 경피전기신경자극과 초음파를 15분동안 적용하고, 자극전과 자극후에 신경전도속도와 F파 및 H반사, 체성감각유발전위를 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) TENS군과 US군의 조건자극 직후에 운동신경과 감각신경 전도검사에서는 경골신경의 잠시만 유의하게

증가하였고( $p < 0.01$ ), 두 군간의 차이는 없었다.

2) TENS군과 US군의 조건자극 직후에 체성감각 유발전위에서는 P37과 N20의 잠시의 증가와 진폭의 감소가 있었으나 통계학적으로 유의하지 않았고, 역시 두 군간의 차이는 없었다.

3) TENS군과 US군의 조건자극 직후에 H반사와 비골신경 F파 반응에서는 잠시의 지연이 있었으나 통계학적으로 유의하지 않았고, 경골신경 F파 반응은 잠시의 유의한 증가를 보였다. 두 군간의 차이도 없었다.

이상의 소견으로 경피전기신경자극과 초음파 모두 척수를 경유하는 신경전도검사인 체성감각유발전위, H반사, F파 반응중 경골신경 F파 반응과 운동신경의 원위 잠시만이 통계학적으로 유의하는 증가를 보여 신경흥분의 전도를 말초에서 일시적으로 차단하고, 신경 근위부의 억제효과로 동통을 감소시키는 것으로 사료된다.

## <참 고 문 헌>

- 고현운, 김경수 : 초음파 적용방법에 따른 조직온도변화 연구, 대한재활의학회지, 17 : 76-80, 1993.
- 권희규, 정순열, 오정희 : 감각 자극이 유발전위에 미치는 영향, 대한재활의학회지, 14 : 27-34, 1990.
- 김호영 외 5인 : 경피신경자극이 통증역치와 혈장 beta-endorphin치에 미치는 영향, 대한통증학회지, 2 : 145-154, 1989.
- 김형두, 김국기, 임영진 등 : 한국인의 인지 유발전위의 정상치, 대한신경외과학회지, 26(9) : 1190-1196, 1997.
- 민경옥 : 초음파, EST 연수강좌집. pp115-128.
- 박인선, 구영일 : 50Hz의 전기자극에 의한 말초신경전도의 변화에 대한 연구. 대한재활의학회지, 15 : 220-225, 1991.
- 박정미, 조미애, 나은우 : 분만통증에 대한 경피전기신경 자극의 진통효과. 대한재활의학회지, 16 : 182-191, 1992.
- 윤태식 외 2인 : 경피적 전기신경자극과 미세전류자극이 전기생리학적 검사에 미치는 영향. 대한재활의학회지, 21 : 696-702, 1997.
- 이승휘 : 경피신경 전기자극이 통증역치에 미치는 영향. 석사학위청구논문. 연세대학교보건대학원. 1988.
- 이청기, 전기자극에 대한신경생리학적 반응 : 원위부 말초신경자극. 대한재활의학회지. 20 : 939-944, 1996.
- 이청기, 강안기, 박현 등 : 전기자극치료가 인체에 미치는

- 영향(1) : 전기생리학적 평가. 대한재활의학회지, 17 : 235-243, 1993.
- 장일 외 3인 : 신경손상 환자의 적외선 체열촬영 소견 및 TENS 적용 후 변화에 대한 고찰, 대한재활의학회지, 15 : 513-521, 1991.
- 정한영, 권희규 : 경피신경전기자극이 체성감각유발전위에 미치는 영향, 대한재활의학회지, 17 : 348-353, 1993.
- 한태륜, 전민호, 장원철 : 고주파 경피적 전기신경자극치료가 H-반사에 미치는 효과에 대한 연구, 대한재활의학회지, 19 : 601-606, 1995.
- Abrams S, Asiddao R, Reynilds A : Increased skin temperature during Transcutaneous electrical nerve stimulation, *Anesth Analg*, 59 : 22-25, 1980.
- Baldes EJ, Herrick JF, Stroebe CF : Biological effects of ultrasound, *Am J Phys Med*, 37 : 111-120, 1958.
- Barnett SB, Ter Haar GR, Ziskin MC et al : Current status of research on biophysical effects of ultrasound, *Ultrasound in Med & Biol*, 20 : 205-218, 1994.
- Biedebach M : Electrotherapy and the sympathetic nervous system, *J Therapy Rehab*, 4 : 39-41, 1991.
- Bostock H, Graf P : Activity dependent excitability changes in normal and demyelinated rat spinal root axons, *J Physiol*, 365 : 239-257, 1995.
- Bourke DL, et al : TENS reduces halothane requirement during hand surgery, *Anesthesiology*, 61 : 769-772, 1984.
- Campbell G, Taub A : Local analgesia from percutaneous electrical stimulation : a peripheral mechanism, *Arch Neurol*, 28 : 347-350, 1973.
- Chung JM, Fang ZR, Hori Y : Prolonged inhibition of Primate Spinothalamic Tract Cells by peripheral nerve stimulation, *Pain*, 19 : 259-275, 1984.
- Coakley WTP : Biophysical effects of ultrasound at therapeutic intensities, *Physiotherapy*, 64 : 166-169, 1978.
- Cooperman A et al : Use of Transcutaneous electrical nerve stimulation in the control of postoperative pain, *Am J Surg*, 133 : 185, 1977.
- Cottingham B, Phollips PD, Davies GK, et al : The effect subcutaneous nerve stimulation on pain associated with osteoarthritis of the hip, *Pain*, 22 : 243-248, 1985.
- Denis S, Melzak R : Pain-signaling in the dorsal and ventral spinal cord, *Pain*, 4 : 97-132, 1977.
- Dyson M, Pond JB, Joseph J, Warwick R : Stimulation of tissue regeneration by means of ultrasound, *Clin Sci*, 35 : 273-285, 1968.
- Duson M, Suckling J : Stimulation of tissue repair by ultrasound : survey of mechanisms involved, *Physiotherapy*, 64 : 105-108, 1978.
- Fisher MA : Inhibition motor neuron discharge by peripheral nerve stimulation : an Fresponse analysis, *Muscle Nerve*, 14 : 120-133, 1991.
- Gersh MR : *Electrotherapy in rehabilitation*. Philadelphia : FA. Davis Company, 1992.
- Halle JS, Scoville CR, Greathouse DG : Ultrasound effect of the conduction latency of the superficial radial nerve in man, *Phys Ther*, 61 : 345-350, 1981.
- Jeans ME : Relief of chronic pain by brief, intense Transcutaneous electrical nerve stimulation : A double-blind study. In Bonica JJ, et al(eds) : *Advances in Pain Research and Therapy*. New York, NY, Reven Press, 13 : 601-606, 1979.
- Janko M, Trontelj JV : Transcutaneous electrical nerve stimulation : A microneurographic and peripheral study, *Pain*, 9 : 219-230, 1980.
- John ES, Law JD : Analgesia with peripheral nerve stimulation : Absence of a peripheral mechanism, *Pain*, 15 : 55-70, 1983.
- Jette, D.U : Effect of different forms of Transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain, *Phys Ther*, 66(2) : 187-192, 1986.
- Kramer JF : Ultrasound : Evaluation of its mechanical and thermal effects. *Arch Phys Med Rehabil*, 65 : 223-227, 1984.
- Kaada B : Vasodilation induced by Transcutaneous electrical nerve stimulation in peripheral ischemia (Paynaud's phenomenon & diabetic polyneuropathy), *Eur Hert J*, 3 : 303-314, 1982.
- LeBars D, Dickenson AH, Besson JM : Diffuse noxious inhibitory control (DNIC) : I effects on dorsal horn convergent neurons in the rat, *Pain*, 6 : 283-304, 1979.
- Lehmann JF, Brunner GD, Stow RW : Pain threshold measurements after therapeutic application of ultrasound, microwaves and infrared, *Arch Phys Med Rehabil*, 39 : 560-564, 1958.
- Lehmann JF, de Lateur BJ : Therapeutic heat. In :

- Lehmann JF, editor. Therapeutic heat and cold. 3rd ed. Baltimore : Williams & Wilkins, pp404-562, 1982.
- Madsen PW, Gersten JW : Effect of ultrasound on conduction velocity of peripheral nerves, Arch phys Med Rehabil, 42 : 645-649, 1961.
- Mayer DJ, Price DD, Rafii A : Antagonism of acupuncture analgesia in man by narcotic antagonistic naloxone, Brain Res, 121 : 368-372, 1977.
- McCarthy, J.A., and Zigenfus, R.W : Transcutaneous electrical nerve stimulation : An adjunct in the pain management of Guillain-Barre syndrome, Phys Ther, 58(1) : 23-24, 1978.
- Melzack, R., Vetere, P., and Finch, L : Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain, Phys Ther, 63(4) : 489-493, 1983.
- Melzack R, Wall PD : Pain mechanism : a new theory, Science, 150 : 971-979, 1965.
- Moore, D.E., and Blacker, H.M : How effective is TENS for chronic pain?, Am J Nursing, 83 : 1175-1177, 1983.
- Oh SJ : Clinical Electromyography : Nerve conduction studies. 2nd ed, Baltimore : Williams & Wilkins, 1993.
- Salar G, Job, Mingrino S : Cortical evoked responses and transcutaneous electrotherapy, Neurology, 30 : 663-665, 1980.
- Smburg, F.L., and Carter-Baker, S.N. : Transcutaneous electrical nerve stimulation for post-laparotomy pain, Phys Ther, 63(2) : 188-193, 1983.
- Stevenson JH, Pang CY, Lindsay WK, Zuker RM : Functional, mechanical, and biochemical assessment of ultrasound therapy on tendon healing in chicken toe, Plast Reconstr Surg, 77 : 965-970, 1986.
- Szumski AJ : Mechanisms of pain relief as a result of therapeutic application of ultrasound, Phys Ther Rev, 40 : 116-119, 1960.
- Thorsteinsson G : Chronic pain : Use of TENS in the elderly, Geriatrics, 42 : 75-82, 1987.
- White, J.C and Sweet, W.H : Pain, its mechanisms and neurosurgical control. Thomas. Springfield, IL, 1955.
- Zankel HT : Effect of physical agents on motor conduction velocity of the ulnar nerve. Arch Phys Med Rehabil, 47 : 787-792, 1966.