

전기자극에 의해 유발된 통증에 대한 말초 전침자극의 진통효과

경북대학교 의과대학 생리학교실

황 준 하

(1987년 3월 15일 접수)

= Abstract =

Analgesic Effect of Electroacupuncture on the Pain Induced by Electrical Stimulation

Joon Ha Hwang

Department of Physiology, School of Medicine, Kyungbook National University

The present experiment was performed in 35 normal male volunteers to evaluate the effect of electroacupuncture on the human nociception more clearly and to demonstrate the effect of different parameters of electrical stimulation through acupuncture needles.

The threshold of the pain(T_p) and the nociceptive flexion reflex(Tr), the threshold for intolerable pain(T_{ip}) and that for obtaining maximal reflex response(T_{mr}) were studied before and after electroacupuncture performed on the acupoints of tsusanli and hsuanchung.

1) For the pricking pain, electroacupuncture with intermittent stimulation induced a significant decrease in T_p which recovered after removal of the needles. There was no significant change in other thresholds.

2) For the dull pain, electroacupuncture with intermittent stimulation produced a significant increase in T_p which continued after removal of the needles. But there was no significant change in T_{ip} . Electroacupuncture with continuous stimulation induced a slight increase in T_p .

3) After resting without electroacupuncture, T_p and T_{ip} of the dull pain were slightly decreased.

These results suggest that electroacupuncture had no significant analgesic effect on the pricking pain induced by electrical stimulation of the foot skin. However, electroacupuncture with intermittent stimulation had significant analgesic effect on the weak dull pain and it had slightly greater analgesic effect than electroacupuncture with continuous stimulation.

Key Words: Pain, Electroacupuncture, Nociception, Flexion reflex

서 론

침술은 오랫동안 한의학에서 여러가지 질병의 치료에 쓰여져 왔는데, 침술의 효과 중 통증을 감소시키는 효과에 대해서는 사람(Hyodo & Masayama,

1976; Richardson & Vincent, 1986)과 동물(Pomeranz et al., 1977) 실험을 통하여 잘 알려지고 있다. 그러나 침술에 의한 진통의 정도나 이에 영향을 미치는 인자들에 대해서는 아직도 불확실한 점이 많다(Clark & Yang, 1974; Vincent & Richardson, 1986). 진통 목적으로 사용되어온 침술은 현금에 와서는 그

시행방법이 좀 더 현대 의학적으로 개선되어 전침술 (electroacupuncture)로서 이용되고 있다.

통증을 유발시키면 주관적인 통각뿐만 아니라 이와 동시에 객관적인 통증반응인 여러가지 반사현상을 동반하게 되는데 이 중 가장 대표적인 것으로 굴근반사 (flexion reflex)가 알려져 있다 (Hardy, 1953). Willer (1977)는 sural nerve를 전기자극하였을 때 두가지의 굴근반사성분을 관찰하였는데, latency가 짧고 유발역치가 낮으며 촉각반응에 해당하는 성분 (R II)과 latency가 길고 유발역치가 높으며 통각반응에 해당하는 성분 (R III)이 있다고 하였다. 이 중 R III 성분은 그 유발역치가 통각의 역치와 같고 (Willer, 1977), 그 amplitude는 주관적 통각이 증가하면 이와 병행하여 증가되므로 (Chan & Tsang, 1985) 주관적 통각과 높은 상관관계가 있다고 할 수 있다 (Willer, 1977). 따라서 굴근반사는 실험동물 (Chung et al. 1983; Lee et al. 1986)이나 사람 (Willer, 1977)에서 통증의 기전과 통증을 억제하는 방법을 연구하기 위한 실험에 많이 쓰여져 왔다.

그런데 피부에서 통각에 관계되는 수용체는 주로 얇은 층에 존재하고, 촉각에 관계되는 수용체는 더 깊은 부위에 존재하므로 sural nerve의 지배를 받는 피부 영역 (distal receptive field)을 전기자극 할 경우 R III 성분만 선택적으로 유발할 수가 있다 (Willer, 1977; Chan & Tsang, 1985). 그러나 그렇게 하여도 Willer (1977)의 방법에 따라 전기자극을 가하면 주로 pricking pain만 유발되게 되어 자연적인 통증에 가까운 dull pain은 잘 느껴지지 않는다. 그래서 본 실험에서는 pricking pain에 대한 전침자극의 진통효과 여부를 관찰한 뒤, dull pain이 잘 유발되도록 전기자극 방법을 바꾸어서 dull pain에 대한 전침자극의 효과도 관찰하여 보았다.

실험동물에서 하지에 유발한 통증으로 생긴 굴근반사가 말초신경자극에 의해 감소된다는 보고 (Chung et al. 1983; Paik et al. 1981)가 있는데, 본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 통증의 주관적 지표인 통각과 객관적 지표인 굴근반사를 종합하여 비교함으로써 전침자극이 나타내는 진통효과의 정도를 좀 더 분명히 밝히고 또 전침에 가하는 전기자극 parameter에 따른 효과의 차이를 알아 보고자 하였다.

실험 방법

본 연구의 대상으로는 20세에서 26세 사이의 한 남자 총 35명으로 하였으며 실험을 시작하기 전에 실험과정에 대해 피검자에게 충분히 설명을 하도록 하거나 겁내지 않도록 하였다. 실험중 피검자는 대에 supine position으로 누워 오른쪽 knee joint를 약 90도로 굴곡시킨 후 받침대로 받쳐 하지 근육을 이완하게 하였으며 실험실내의 온도는 20°C 정도로 유지하였다.

Sural nerve의 지배를 받는 피부 부위를 전기로 자극하기 위해 먼저 오른쪽 발의 외측피부를 sandpaper로 문질러 피부각질층을 제거함으로써 피부저항을 낮춘 후, Ag/AgCl로 된 표면전극에 electrode gel paste를 발라 두 전극간 거리를 약 2 cm로 하여 부착하였으며, 전기자극은 electronic stimulator (Nihon Kohden, SEN-3201)로 발생시켜 stimulus isolation unit를 통해 가하였다 (그림 1). Pricking pain만 유발하려고 할 경우에는 1 msec의 지속시간 (duration)을 가지는 rectangular constant current를 3 msec마다 하나씩 총 8개를 22 msec에 걸쳐 가하였다. Dull pain을 더 강하게 유발하려고 할 경우에는 10 msec의 지속시간을 가지는 rectangular constant current를 33 msec마다 하나씩 총 5개를 142 msec에 걸쳐 가하였으며 dull pain의 정도를 정량적으로 비교하기 위해, 앞에 느껴지는 pricking pain은 무시하고 약 1초 정도 뒤에 느껴지는 dull pain의 상대적인 세기를 숫자로 나타내게 하였다. 그리고 이때에는 통증 유발을 위해 전극을 부착하는 부위의 피부저항을 낮추는 작업을 할 때 sandpaper로 세게 문질러 약간의 출혈이 있을 정도의 찰과상을 유발해서 자연적으로 생긴 병변과 좀 더 유사하게 하였다.

굴근반사의 정도를 알기 위해 동측 하지의 biceps femoris muscle에서 EMG (근전도)를 측정하였는데, 은판으로 된 표면전극에 역시 paste를 발라 양 및 음 전극을 근육의 종축을 따라 피부에 부착하였다. 굴근이 수축함으로써 생기는 EMG는 Narco Bio-Systems 회사제 MK-IV-P Physiograph와 Narcotrace Oscilloscope를 이용해 관찰, 기록하였다 (그림 1). 근육에 대한 운동부하가 증가되어 근육의 수

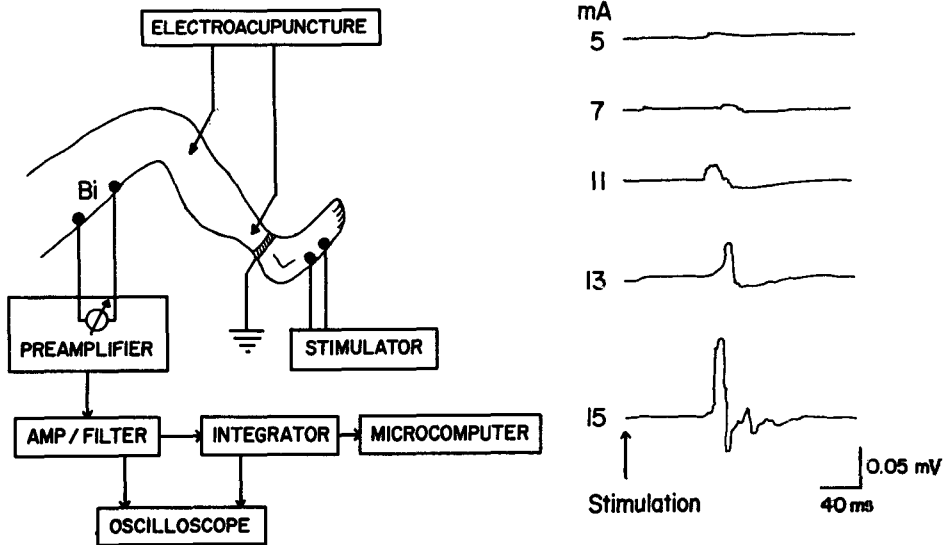


Fig. 1. Left : experimental set up for stimulating the foot skin in the distal receptive field of the sural nerve, recording reflex activity from the biceps femoris muscle (Bi) and conducting electroacupuncture. Right : typical examples of recruitment of the nociceptive reflex activity (direct EMG) as a function of stimulus intensity.

축력이 커질수록 integrated EMG값이 유의하게 증가했다는 보고(Chun et al. 1985)가 있으므로 integrated EMG의 크기로써 굴근반사의 크기를 파악하였다. Integration을 위한 time window는 통증 유발을 위한 자극이 시작된지 90 msec후부터 시작해서 200 msec후까지로 하였는데, 그 이유는 40~70 msec사이에 나타날 수 있는 촉각반응(RII 성분)을 피하고, 또 약 250 msec 이후에 다리가 움직여짐으로써 나타날 수 있는 movement artifact를 방지하기 위함이었다(Willer, 1985).

주관적인 감각의 성질과 세기를 나타낼 때 Willer (1985)의 방법과 유사하게 임의의 숫자(arbitrary unit)로 나타내게 하였는데, 0에서 10까지로 할 경우 단계가 너무 많아 피검자에게 혼동을 초래하였으므로 0에서 8까지로 나타내게 하였다. 여기서 통각의 역치는 3에 해당하고 그 이하는 촉각이며, 8은 견딜 수 있는 최대한도의 통각으로 하였는데, 본 실험에 들어가기 전에 충분히 연습을 함으로써 감각을 판별하는데 익숙해지도록 하였다. 예상이나 주의 집중에 의해 척수 운동신경 활성화나 통각에 변화가 올 수 있다는 보고(Willer, 1975; Bathien & Morin, 1972)가 있으므로 이를 방지하기 위해 자극간의 간

격은 불규칙하게 하였다.

Integrated EMG 값은 A/D converter를 통해 microcomputer에 입력되게 하였고 가하는 자극의 세기는 random으로 하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 일정 한계내에서, 굴근반사와 주관적 통각의 세기는 통증을 유발하는 전기자극의 세기가 증가함에 따라 직선적으로 증가하였다. 각 선형회귀곡선에 있어서 최소한 15개 이상의 점을 사용하여 회귀곡선식을 구하였으며 상관계수(r)는 항상 $p < 0.01$ 이었다.

Willer(1985)의 방법에 따라, 굴근반사의 역치(Tr)는 굴근반사의 선형회귀곡선이 종축의 10%에 해당하는 선과 만나는 점에서의 횡축의 자극의 세기로 하였고, 최대 굴근반사의 역치(Tmr)는 굴근반사의 선형회귀곡선이 종축의 100%에 해당하는 선과 만나는 점에서의 횡축의 자극의 세기로 하였다. 통각의 역치(Tp)는 주관적 감각의 선형회귀곡선이 종축 3에 해당하는 선과 만나는 점에서의 자극의 세기로 하였으며, 견딜 수 있는 최대한도의 통각(Tip)은 그 선형회귀곡선이 종축 8에 해당하는 선과 만나는 점에서의 자극의 세기로 하였다(그림 2).

전침자극은 굴근반사를 기록하는 동측 하지의 침점인 족삼리(tsusanli)와 현중(hsuanchung) 부위에

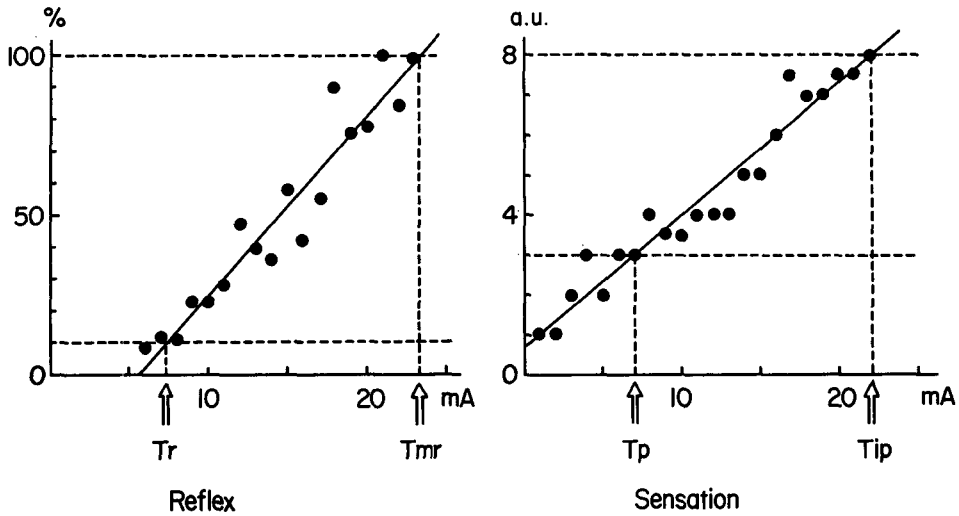


Fig. 2. Left : method for calculating the reflex threshold (Tr) and the threshold for obtaining a maximum reflex response (Tmr). Right : method for calculating the pain threshold (Tp) and the threshold for intolerable pain (Tip) (a. u. = arbitrary units).

시행하였다(그림 1). 족삼리는 슬개인대 외측의 함요 부위로부터 약 8 cm 하방의 경골 측면에 위치하며 심층에 tibialis anterior muscle과 deep peroneal nerve가 분포한다. 현중은 lateral malleolus 침단 직상 약 8 cm의 비골 전연에 위치하며, 심층에 역시 deep peroneal nerve의 분지가 있다(Choi & Kim, 1985). 이 두 침점은 하지의 통증 치료에 많이 쓰이는 부위인데(Sanghai Institute of Chinese Medicine, 1982) 피부를 소독한 후 직경 0.17 mm의 stainless steel로 된 침을 삽입하였으며, 이 때 그 깊이는 침을 회전시켜 보아 독특한 得氣(teh-chi) 감각(빠근 하거나 무겁거나 저린 감각)이 느껴지는 1.5~3 cm 정도로 하였다.

삽입된 침에 대한 전기자극은 단속파(intermittent stimulation)인 경우 1 msec duration의 bipolar pulse를 5 Hz의 빈도로 1초간 자극한 후 1.5초간 정지하는 것을 되풀이 하도록 하였으며, 연속파(continuous stimulation)인 경우에는 5 Hz로 계속 자극하였다. Pricking pain에 대한 효과를 측정할 때는 전침자극을 30분간 가한 후 계속 자극을 가하고 있는 상태에서 약 5분간에 걸쳐 통증반응을 측정한 후 전침자극을 중단하고 침을 빼고서 한번 더 통증반응을 측정하였다. Dull pain에 대한 효과를 측정할 때는 30분

간 전침자극을 가한 후 전침자극을 가하고 있는 상태에서 계속해서 2회(EA1, EA2)에 걸쳐 통증반응을 측정하고난 뒤 침을 빼고 다시 통증반응을 측정하였다. 그리고 전침자극의 강도는 피검자가 별다른 불안감 없이 견딜 수 있는 최대한도의 세기로 하였다.

피부자극으로 유발된 통각과 굴근반사에 대해 전침자극이 미치는 영향을 알아보기 위해 전침자극 전과 후에 구한 Tr, Tmr, Tp, Tip를 비교하였다. 이상의 모든 측정치는 각각 평균과 표준오차로 표시하였고 유의성 검정을 위해 paired t-test와 선형회귀분석을 하였다.

실험 성적

Sural nerve의 지배를 받는 피부를 자극했을 때 나타나는 굴근반사에서는 RIII성분만 관찰할 수 있었고 RII성분은 나타나지 않았는데 이것은 앞선 연구의 결과와 같았다(Willer, 1977; Chan & Chang, 1985). 전침자극을 가하기 전의 반응은 모든 피검자에서 비슷하였으며 그 전형적인 예가 그림 2에 나와 있다.

각 피검자들이 사전에 연습을 거치고 나면, 자극의 세기와 느끼는 감각의 강도 사이에 안정된 연관

Table 1. Effects of electroacupuncture with intermittent stimulation on the 4 thresholds of the pricking pain as defined in Fig. 2.

Threshold	Before	During electroacupuncture		After removal of needles	
	mA	mA	(%)	mA	(%)
Tr	7.76	7.76	(0.0)	8.32	(7.2)
	0.51	0.92		1.04	
Tp	7.01	5.93 **	(-15.4)	6.87	(-2.0)
	0.32	0.33		0.45	
Tmr	25.93	31.17	(20.2)	31.02	(19.6)
	2.06	6.01		3.68	
Tip	25.40	25.23	(- 0.7)	26.40	(3.9)
	0.87	0.94		1.18	

Values are means and standard errors.

Significantly different from before : ** $p < 0.01$.

No. of subjects is 23.

Values in the parentheses are % change from before in the related threshold.

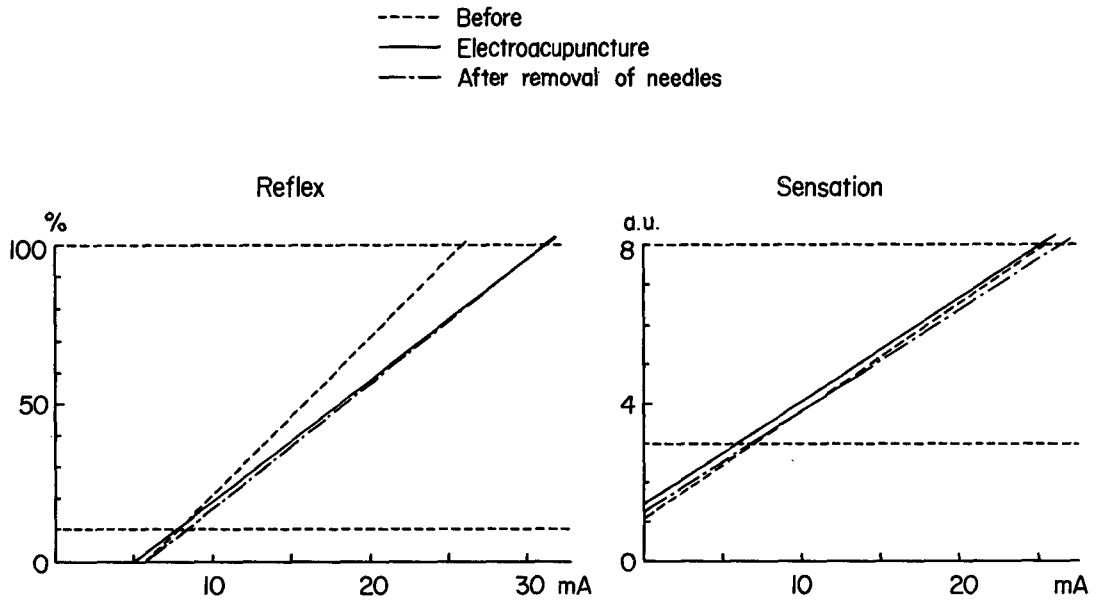


Fig. 3. Effects of electroacupuncture with intermittent stimulation on the nociceptive reflex activity (left) and the corresponding subjective pricking pain sensation (right) induced by stimulating the skin in the distal receptive field of the sural nerve (a. u. = arbitrary units).

관계를 파악할 수 있게 되었으며, 굴근반사에 있어서도 선행 연구결과(Willer, 1985)에 의하면 연속적으로 자극을 가했을 경우 habituation되어 반응이 떨어지거나 오히려 더 예민해져서 반응이 증가되는 현상은 나타나지 않았다고 하였다. Pricking pain에 의

해 야기되는 굴근반사의 RIII성분은 그림 1에 나와 있는 바와 같이 자극을 가한지 90~200 msec 정도에서 나타났다. Pricking pain에 대한 반응은 표 1에서 보는 바와 같다. 전침자극을 실시하기 전의 굴근반사를 보면 Tr이 7.76 ± 0.51 mA였고 Tmr은 $25.93 \pm$

2.06 mA였으며, 가하는 자극의 세기와 나타나는 굴근반사의 크기간에는 직선적인 비례관계가 있었다(그림 3). 주관적 감각은 Tp가 7.01 ± 0.32 mA였으며 Tip는 25.4 ± 0.87 mA였고 이 때도 자극의 세기와 감각의 강도 사이에 직선적인 비례관계가 있었다(그림 3). 전침자극을 실시하기 전의 굴근반사와 통각에 있어서, 통증을 유발하기 위해 가하는 자극의 세기와 이 때 얻어지는 반응과의 관계를 나타내는 선형회귀곡선은 모든 피검자에서 유사하였는데 이것도 선형연구(Willer, 1985)에서와 같은 결과였다.

단속파 전침자극을 30분간 가한 후 계속 자극을 가하고 있는 상태에서 pricking pain을 유발했을 때와 전침자극을 중지하고 침을 뽑은 후 pricking pain을 유발했을 때의 선형회귀곡선의 변화는 그림 3에서 보는 바와 같으며 각 경우에 역치들의 변화는 표 1에서 보는 바와 같다. 전침자극을 가하고 있는 상태에서 굴근반사의 Tr은 전침자극 전에 비해 별다른 변화가 없었고, Tmr은 증가하는 경향이었으나 편차가 커서 유의한 차이는 아니었다. 이 때 느끼는 감각은 Tp가 전침자극을 가하기 전보다 15.4%만큼 유의하게 ($p < 0.05$) 감소하였으나 Tip는 별다른 변화가 없었다. 전침자극을 중지하고 침을 뽑은 후의 반응을 보면, Tmr이 계속 증가되어 있으나 자극전에 비해

역시 유의한 차이는 아니었고, Tp는 자극전 상태로 회복되는 경향을 보였으며, Tr과 Tip에는 별다른 변화가 없었다.

Dull pain에 있어서 전침자극 실시 전후의 각 역치들의 변화는 표 2에서 보는 바와 같으며, 단속파 혹은 연속파 전침자극에 의한 선형회귀곡선의 변화는 그림 4에서 보는 바와 같다. 단속파 전침자극을 가했을 때 Tp의 변화를 보면, 자극전의 5.61 ± 0.43 mA에서 EA1의 경우 자극전에 비해 12.3% 증가하는 경향을 보이다가 EA2에서는 19.3%만큼 유의하게 ($p < 0.05$) 증가되었으며 침을 뺀 후에도 19.8%만큼 증가된 상태가 계속 유지되었으므로 통증이 감소되었다는 것을 알 수 있었다. 그런데 Tip는 전침자극 전의 19.69 ± 0.47 mA에서 약간씩 증가되는 경향을 보이긴 했으나 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 연속파 전침자극을 가했을 때는 Tp가 EA2와 침을 뺀 후에 약간씩 증가된 경향을 보였고 Tip는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 연속파 자극시에 비해 단속파 자극시에 역치들이 더 증가되긴 했으나 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다.

전침자극 대신 동일한 시간동안 휴식한 후 계속해서 3회에 걸쳐 동통을 유발했을 때 나타난 결과는 표 3에서 보는 바와 같다. 휴식만 취한 경우 휴식전에

Table 2. Effects of electroacupuncture with intermittent or continuous stimulation on the thresholds of dull pain sensation as defined in Fig. 2.

Threshold	Electroacupuncture stimulation	Before	EA 1		EA 2		After removal of needles	
		mA	mA	(%)	mA	(%)	mA	(%)
Tp	intermittent	5.61 0.43	6.30 0.54	(12.3)	6.69* 0.62	(19.3)	6.72* 0.43	(19.8)
	continuous	5.61 0.51	5.44 0.51	(-3.0)	6.21 0.33	(10.7)	6.03 0.47	(7.5)
Tip	intermittent	19.69 0.47	20.74 0.84	(5.3)	21.59 1.24	(9.6)	21.49 1.05	(9.1)
	continuous	20.65 0.95	21.58 0.45	(4.5)	21.24 0.80	(2.9)	20.86 0.94	(1.0)

EA 1 : During electroacupuncture after intermittent or continuous stimulation for 30 min.

EA 2 : During electroacupuncture immediately after EA 1.

No. of subjects for intermittent stimulation is 9 and that for continuous stimulation is 8.

Values are means and standard errors.

Significantly different from before : * $p < 0.05$.

Values in the parentheses are % change from before in the related threshold.

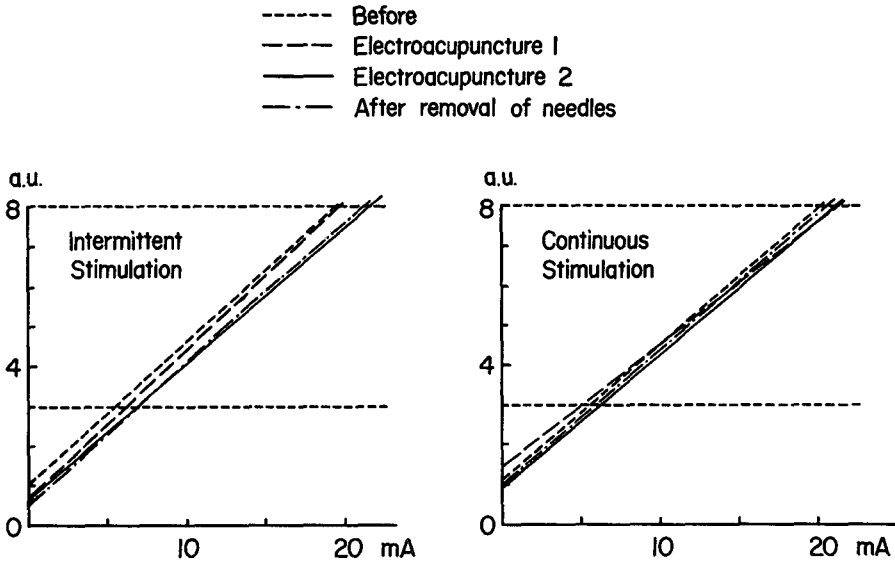


Fig. 4. Effects of electroacupuncture with intermittent (left) or continuous (right) stimulation on the subjective dull pain sensation. Electroacupuncture 1 : during electroacupuncture after intermittent or continuous stimulation for 30 min. Electroacupuncture 2 : during electroacupuncture immediately after electroacupuncture 1.

Table 3. Changes in the thresholds of dull pain sensation after resting and repetitive pain stimulation without acupuncture

Threshold	Before	1		2		3	
	mA	mA	(%)	mA	(%)	mA	(%)
Tp	5.72	4.88	(-14.7)	4.78	(-16.4)	5.50	(-3.8)
	0.78	0.61		0.43		0.61	
Tip	20.23	19.22	(- 5.0)	18.93*	(- 6.4)	19.73	(-2.5)
	1.58	0.97		1.51		1.31	

1 : After resting for 30 min without acupuncture.

2 : Immediately after 1.

3 : Immediately after 2.

Values are means and standard errors.

Significantly different from before : * $P < 0.05$.

No. of subjects is 6.

Values in the parentheses are % change from before in the related threshold.

비해 Tp, Tip가 오히려 감소되는 경향을 보였고 휴식 후 두번째 동통 유발시에는 Tip가 유의하게 감소되었다.

고찰

진통효과를 실험적으로 관찰할 때 주로 세가지 방법이 쓰여왔다. 첫째는 의식이 있는 실험동물에서 통증에 대한 행동적인 표현을 보는 방법이고(Chapman

et al. 1985), 둘째는 의식이 없는 실험동물에서 통각을 전달하는 신경경로의 활성도(Chung et al. 1983b)나 여러가지 통증반사(Chung et al. 1983a)를 관찰하는 방법이며, 셋째는 사람에서 직접 통각 내지는 통증반사 등을 관찰하는 방법이다(Willer, 1977; Chan et al. 1985). 본 실험에서는 건강한 사람을 대상으로 대표적 통증 반사인 굴근반사와 주관적 통각을 같이 관찰하여 보았다.

전침자극을 시행하는 부위로 택한 족삼리(tsusanni)와 현종(hsuanchung)은 모두 得氣(teh-chi) 감각이 강하여 침점 부위를 쉽게 찾을 수 있고 또한 하지에 통증을 유발하였기 때문에 사용하였는데, 특히 족삼리는 동물실험에서도 침에 의한 진통효과를 관찰할 때 자주 이용되고 있다(Paik et al. 1981; Fu et al. 1980).

말초신경자극에 의한 진통효과는 진통을 위한 자극의 강도나 빈도, 파형 등과 같은 자극 parameter에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Chung et al. 1983b). 그 중 전침자극의 강도에 대해서는 근육수축을 일으키는 역치 이상으로 자극을 해야만 진통효과가 나타난다는 보고(Fu et al. 1980)가 있다. 즉 근육이 움직이므로써 주변의 피부나 관절 특히 근육에 있는 신경으로부터 발사되는 impulse가 중추로 전달되어 진통효과를 나타내는 가장 중요한 신호라고 하였다(Andersson, 1979). 본 실험에서도 모든 피검자에서 정도의 차이는 있었지만 율동적인 근육수축을 관찰할 수 있었다. 그런데 의식이 없게 만든 실험동물에서는 실험조작을 임의대로 할 수 있기 때문에 전침자극의 강도를 마음대로 올릴 수 있겠으나, 그렇게 강한 자극을 사람에게 시행하였을 때 기꺼이 감수할 수 있을 정도의 강도인지에 대해서는 동물실험만으로는 확실히 이야기할 수 없겠다. 동물실험에서 말초신경자극의 강도를 높일수록 굴근반사를 더욱 감소시킨다는 보고(Chung et al. 1983b; Paik et al. 1985)가 있으므로 본 실험에서는 피검자가 감수할 수 있는 최대한도의 강도로 하였으며 이렇게 하였을 때, 침을 약하게 회전시키므로써 얻을 수 있을 정도의 得氣 감각을 계속 유지할 수 있었는데, 이 감각은 일종의 약한 통각이라는 주장도 있다(Andersson, 1979).

전침자극의 빈도에 대해 살펴보면 전통적으로 내

려오는 침술은 침을 손으로 조작하여 자극하였기 때문에 1초에 1~4회 정도의 저빈도 자극과 유사하다고 할 수 있겠으며, 0.5~20 Hz 범위에서는 빈도를 증가시킬수록 효과가 더 커진다는 보고(Chung et al. 1983b)도 있다. 따라서 본 실험에서는 전통적인 침술의 자극 빈도로부터 너무 벗어나지 않으면서 어느 정도 빈도수를 증가시킨 5 Hz로 전침자극을 실시하였다.

자극하는 파형에 관해서는 Kitade et al.,(1977)은 통증의 종류에 따라 혹은 개체에 따라 차이가 있긴 하나 일반적으로 단속파(intermittent stimulation)가 동통역치를 상승시키는 효과가 제일 강하고 그 다음 소밀파(sparse and dense stimulation), 연속파(continuous stimulation)순이라고 하였으며, 급성통에는 소밀파가 가장 우수했다고 보고하였다. 본 실험에서는 단속파 자극이 연속파 자극에 비해 다소 나은 진통효과를 나타내었다.

한편 전침자극에 의한 진통효과가 나타나려면 어느 정도의 자극시간을 필요로 하는데 보통 20분 내지 30분이 경과되면 거의 최대 효과에 도달한다고 하였으므로(Hyodo & Masayama, 1976; Paik et al. 1981), 본 실험에서도 30분간 전침자극을 가한 후 동통을 유발하여 전침자극 전의 반응 정도와 비교하였다.

통증을 유발하는 방법도 여러가지가 있는데, 본 실험에서는 통각을 좀 더 선택적으로 유발하고자 nerve trunk 대신 피부를 전기자극하였다. 그러나 그렇게 하여도 C섬유보다는 A δ 섬유가 유발역치가 더 낮으므로 주로 유발되는 통증은 pricking pain이 되어, 임상적으로 환자에서 주로 볼 수 있는 dull pain과 같다고 보기는 힘들다(Andersson, 1979). 그러나 전기자극에 의한 pricking pain에 대해서도 morphine(Willer, 1985)이나 heterotopic nociceptive stimulus(Willer, 1984) 또는 침술(Chiang et al. 1973)이 진통효과를 나타내었다는 보고가 있으며, 복사열로 유발한 pricking pain에 대해서는 전침자극이 통각을 감소시켰다는 보고(Hyodo & Masayama, 1976)도 있고 그렇지 못했다는 보고(Clark & Yang, 1974)도 있다. 본 실험에서는 pricking pain에 대해 전침자극을 가했을 때, 통각의 역치(Tp)는 감소되고 Tip는 별 변화가 없었으며 피검자들도 전침자극 실시 후에는

통각의 지속시간이 감소되는 반면 *pricking pain*의 강도는 오히려 더 증가된 것 같다고 호소하는 경우들이 있었다. 굴근반사는 Tmr이 증가되긴 했으나 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 이러한 결과는 Ignelzi et al.(1976)의 보고를 상기시켜 주는데 그에 따르면 한쪽 하지에 만성 통증이 있는 환자에서 병이 있는 하지는 건강한 하지에 비해 *pinprick*에 대한 감수성이 낮았는데 *electrical analgesia* 실시 후에는 감수성이 좋아졌으며, 이러한 상태에서 전기적으로 유발한 통증에 대한 통각 역치는 감소되었으나 중등도 또는 심한 통증에 대한 감수성에는 변화가 없었다고 하였다. 그리고 만성 통증 환자에 효과를 나타냈던 *transcutaneous electrical nerve stimulation*이 전기적으로 유발한 *pricking pain*의 역치에는 거의 변화를 초래하지 못했다는 보고(Andersson, 1979)도 있다. 그런데 본 실험에서와 유사한 방법으로 행한 통증 실험에서 *morphine*(Willer, 1985)이나 *heterotopic nociceptive stimulus*(Willer et al. 1984)에 의해 *pricking pain*이 감소되었다고 하였는데 결과에 차이가 나는 이유로는 전침자극이 그러한 자극보다 효과가 작거나 아니면 작용하는 기전이 다를 가능성도 있다.

또 *dull pain*은 다른 조작에 의해 비교적 용이하게 감소가 되나 *pricking pain*은 훨씬 영향을 덜 받는다고 하였다(Price, 1976). 따라서 본 실험에서도 *dull pain*에 대한 효과를 관찰하고자 통증을 유발하는 *current pulse*의 *duration*과 *interval*, 횟수 등을 여러 가지로 조합해 보아 *dull pain*이 가장 잘 유발되는 방법을 택하였다. 이렇게 했을 때 굴근반사의 RIII 성분은 자극을 가하기 시작한지 100~200 msec 후에 나타났는데 이 때 나타나는 굴근반사는 A δ 섬유에 의해 전달되는 *pricking pain*에 대한 반응이므로 결과 분석에 이용하지는 않았다. 그런데 *dull pain*보다 약 1초정도 앞서 느껴지는 *pricking pain*이 *dull pain*을 어느정도 불확실하게 만드는 작용이 있어서(Price, 1976), *dull pain*의 정도를 *pricking pain*만큼이나 정확하게 판단하기는 어려웠다.

단속과 전침자극을 가하면서 첫번째 유발한 *dull pain*보다는 두번째 때 *dull pain*의 역치가 더 증가된 이유로는, 첫번째 통증을 가할 때 굴근반사가 생겨 하지가 움적여짐으로 해서 침점 주위의 근육이 수축

하게 되고 따라서 침점에 대한 자극이 증가되어 전침 자극의 진통효과가 더 강하게 나타난 때문이라고 생각된다. 이렇게 증가된 통각의 역치가 침을 뺐 후에도 계속 유지되었으므로, 전침자극이 끝난 후에도 진통효과가 어느기간 동안 지속될 가능성을 의미한다고 볼 수도 있겠다. 그런데 견딜 수 있는 최대한의 통각에 대한 역치(Tip)는 유의한 차이를 나타내지 않았으므로, 강한 통증에 대해서는 전침자극이 별다른 효과를 나타내지 않았다고 할 수도 있겠으나 이 정도로 강한 통증이 실제 환자에서 잘 발생하는지에 대해서는 자신있게 이야기할 수가 없겠다. Wall(1984)은 강한 전기자극에 의해 통증을 유발할 경우 너무 많은 신경섬유들이 동시에 흥분되어 척수 내에서 자연적으로는 유발할 수 없을 정도로 큰 *excitatory postsynaptic potential*을 유발하기 때문에 이렇게 유발된 통증은 강력한 통증억제기전에 의해서도 쉽게 억제되지 않을 것이라고 한 바 있다.

전침자극 아닌 인자에 의해 통각에 변화가 왔는지를 알아보기 위해 전침자극하는 시간만큼 자극 없이 휴식만 시킨 후, 계속해서 3회에 걸쳐 통증을 가해 보았다. 그 결과 통각의 역치들이 감소되는 쪽으로 변하였으며, 휴식 후 첫번째 통증 유발 때에 비해 두번째 때 더욱 감소된 것으로 봐서, 휴식이나 반복적인 통증 유발이 통각을 감소시키지 않는다는 것을 알 수 있었다.

신체 부위에 따라 나타나는 진통효과의 정도에도 차이가 있어서 *face*, *neck*, *thorax*에 침마취 효과가 더 좋다는 보고(Shanghai Institute of Chinese Medicine, 1982)가 있다. 그런데 *foot*에서는 침술마취를 위한 침점이 알려져 있긴 하나(Pomeranz et al., 1977) 실제로 수술에 이용하는 경우는 잘 없는 듯하다. 반면에 *blink reflex*로써 통증 반응을 측정할 Willer et al.(1982)의 실험에서는 *face*의 *supraorbital nerve*를 전기자극함으로써 유발한 통증에 대해 전침 자극이 진통효과를 나타내었다고 하였다. 본 실험에서는 *foot*에 유발된 통증에 대한 전침자극의 효과를 관찰하여 보았는데 이 결과가 신체 모든 부위에 그대로 적용된다고 할 수는 없겠다.

고양이를 대상으로 한 실험에서 IV의 강도로 30분 이상 말초신경을 전기자극하였을 때 굴근반사의 느린 성분이 유의하게 감소하였으나, A β 섬유만 활

성화되는 100 mV로 자극했을 때에는 굴근반사에 유의한 변화를 초래하지 못했다는 보고(Paik et al. 1985)가 있다. 고양이 신경에 대한 IV자극은 Aδ 섬유를 흥분시킬 수 있는 역치보다 훨씬 더 크므로(Han et al. 1980), 본 실험에서 사용한 자극 강도는 그보다 작을지도 모른다. 그런데 자극강도를 이 정도로 밖에 못한 이유는, 자극 강도를 더 높일 경우 피검자에게 stress를 초래하였기 때문이다.

실험동물을 사용할 경우 필요한 신경을 노출시키기 위해 수술을 시행함으로써 전기적으로 통증을 유발하는 부위 주위에 병변을 만들게 된다. 신체 어느 부위에 병변이 생기면 그 부위 통각 수용체와 척수 내 관련되는 신경세포들의 흥분성에 변화가 초래되어, 병변 부위와 그 주변 부위의 통각의 역치가 감소되고 역치 이상의 통증에 대해서는 더 강한 반응을 보인다고 하였으며(Wall, 1984), 이렇게 변화된 상태에서는 병변이 없는 정상적인 상태에 비해 전침자극의 진통효과가 더 클 수도 있다고 하였다(Chapman et al. 1983). 본 실험에서도 dull pain에 대한 반응을 볼 때에는, 환자의 상태와 가능한 한 유사하게 하기 위해 통증을 유발하는 부위에 경한 찰과상이 생기도록 해 보았으나 자연적으로 생긴 병변과는 아무래도 차이가 있다고 하겠다.

침술이 진통효과를 나타내는 기전에 대해서는 아직도 불확실한 점이 많은데 일반적으로 침점 부위의 구심성신경을 통해 중추로 신호가 전달되어 진통효과를 나타낸다고 생각되어지고 있다(Chiang et al. 1973). 중추에 작용하는 기전은 주로 endogenous opiate system의 활성화 때문이라고 생각되어져 왔으나(Mayer et al. 1977; Pomeranz et al. 1977; Fu et al. 1980; Paik et al. 1981), 최근들어 이를 부정하는 보고(Chapman et al. 1983)도 있다. 뇌 내의 특정 부위를 자극했을 때(Roizen et al. 1985), 혹은 신체의 다른 부위에 동통을 가했을 때(Willer et al. 1984), 아니면 stress를 초래했을 때(Lewis et al. 1984) 진통효과를 얻을 수 있었다는 보고가 있는데 전침자극과 이들과의 공통점 혹은 차이점에 대해 앞으로 더 많은 연구가 기대된다.

결 론

인체에서 전침자극이 나타내는 진통효과의 정도를 좀 더 분명히 밝히고, 또 전침에 가하는 전기자극 parameter에 따른 효과의 차이를 알아보고자 본 실험을 실시하였다.

건강한 성인 남자 35명을 대상으로 sural nerve의 지배를 받는 피부를 무작위 강도로 전기 자극하여 통증을 유발하였으며 이 때 느끼는 주관적 통각을 숫자로 표시하게 하고, biceps femoris muscle에 생기는 굴근반사를 EMG로 측정해서, 각각 동통자극의 강도에 대한 선형회귀곡선을 구하였다. 이 회귀곡선을 통해 전침자극 전후의 통각의 역치(Tp)와 굴근반사의 역치(Tr), 견딜 수 있는 최대한도의 통각의 역치(Tip)와 최대 굴근반사의 역치(Tmr)를 구하여 비교하였으며, 전침자극은 통증을 유발한 동측 하지의 침점 족삼리(tsusanli)와 현중(hsuanchung)에 실시하였다.

Pricking pain에 대해 단속과 전침자극을 가한 경우 Tp는 유의하게 감소하였다가 침을 빼 후 회복되었고 Tr, Tip는 별다른 변화가 없었으며 Tmr은 다소 증가되었으나 유의한 변화는 아니었다.

Dull pain에 대해 단속과 전침자극을 가한 경우에는 Tp가 유의하게 증가되었으며 이 효과는 침을 빼 후에도 계속되었는데 Tip는 유의한 차이를 나타내지 않았다. Dull pain에 대해 연속과 전침자극을 가한 경우에는 Tp가 다소 증가되었다.

전침자극 없이 휴식만 취한 후 유발한 통증에 대해서는 Tp, Tip가 감소되는 쪽으로 변화였다.

이상을 종합해 볼 때 하지에 전기적으로 유발한 pricking pain에 대해서는 전침자극이 별다른 진통효과를 나타내지 않았고, 강도가 약한 dull pain에 대해서는 단속과 전침자극이 유의한 진통효과를 나타내었으며, 단속과 전침자극은 연속과 전침자극보다 다소 나은 진통 효과를 나타내었다고 할 수 있겠다.

Acknowledgment

본 연구를 위해 지도와 편달을 아끼지 않으신 본 교실 주영은 교수님과 이원정, 박재식 교수님 그리고 고려의

대 홍승길 교수님께 감사사를 드립니다.

REFERENCES

- Andersson SA (1979). Pain control by sensory stimulation. In: Bonica JJ et al. (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 3. Raven, New York, p 569-585
- Bathien N & Morin C (1972). Variations comparees des reflexes spinaux au cours de l'attention intensive et selective. *Physiol Behav* 9, 533-538
- Chan CWY & Tsang HHY (1985). A quantitative study of flexion reflex in man: relevance to pain research. In: Fields HL et al. (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 9. Raven, New York, p 361-370
- Chapman CR, Benedetti C, Colpitts YH & Gerlach R (1983). Naloxone fails to reverse pain thresholds elevated by acupuncture: acupuncture analgesia reconsidered. *Pain* 16, 13-31
- Chapman CR, Casey KL, Dubner R, Foley KM, Gracely RH & Reading AE (1985). Pain measurement: an overview. *Pain* 22, 1-31
- Chiang CY, Chang CT, Chu HL & Yang LP (1973). Peripheral afferent pathway for acupuncture analgesia. *Sci Sin* 16, 210-217
- Choi YT & Kim CH (1985). Atlas of points of acupuncture and moxibustion. *Tae-Sung*, Seoul, p 196-210 (in Korean)
- Chun MH, Hwang SK, Kim HJ & Choo YE (1985). EMG changes of biceps and forearm muscles by increase of workload in athletes. *Kyungpook Univ Med J* 26, 115-122 (in Korean)
- Chung JM, Fang ZR, Cargill CL & Willis WD (1983a). Prolonged, naloxone-reversible inhibition of the flexion reflex in the cat. *Pain* 15, 35-53
- Chung JM, Lee KH, Hori Y, Endo K & Willis WD (1983b). Factors influencing peripheral nerve stimulation produced inhibition of primate spinothalamic tract cells. *Pain* 19, 277-293
- Clark WC & Yang JC (1974). Acupunctural analgesia? Evaluation by signal detection theory. *Science* 184, 1096-1098
- Favale E & Leandri M (1984). Neurophysiological foundations of peripheral electroanalgesia. In: Benedetti C et al (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 7. Raven, New York, p 343-357
- Fu TS, Halenda SP & Dewey WL (1980). The effect of hypophysectomy on acupuncture analgesia in the mouse. *Brain Res* 202, 33-39
- Han YP, Lee HJ, Chung JM, Paik KS & Nam TS (1980). Experimental study for the reflex arc of the flexion reflex. *Yonsei J Med Sci* 13, 365-376 (in Korean)
- Hardy JD (1953). Thresholds of pain and reflex contraction as related to noxious stimulation. *J Appl Physiol* 5, 725-739
- Hyodo M & Masayama K (1976). Acupuncture anesthesia and the pain threshold. In: Bonica JJ & Albe-Fessard D (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 1. Raven, New York, p 787-795
- Ignelzi RJ, Sternbach RA & Callaghan M (1976). Somatosensory changes during transcutaneous electrical analgesia. In: Bonica JJ & Albe-Fessard D (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 1. Raven, New York, p 421-425
- Kitade T, Inemori K, Masayama K & Hyodo M (1977). Basic discussion on the low frequency electroacupuncture: influence of continuous, intermittent or sparse-dense stimulation on the pain threshold. *Nitziryoziritz* 2, 1-7 (in Japanese)
- Lee CS, Han HC & Hong SK (1986). The effects of acetylsalicylic acid on the motoneuron impulse discharge induced by bradykinin and potassium in cat. *Kor U M J* 23, 53-64 (in Korean)
- Lee KH, Chung JM & Willis WD (1985). Inhibition of primate spinothalamic tract cells by TENS. *J Neurophysiol* 62, 276-287
- Lewis JW, Terman GW, Shavit Y, Nelson LR & Liebeskind JC (1984). Neural, neurochemical, and hormonal bases of stress-induced analgesia. In: Kruger L & Liebeskind JC (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 6. Raven, New York, p 277-288
- Mayer DJ, Price DD & Rafii A (1977). Antagonism of acupuncture analgesia in man by the narcotic antagonist naloxone. *Brain Res* 121, 368-372
- Paik KS, Chung JM, Nam TS & Kang DH (1981). Effect of electrical stimulation of peripheral nerve on pain reaction. *Korean J Physiol* 15, 73-82 (in Korean)
- Paik KS, Leem JW, Kim IK, Lee SI & Kang DH (1985). Relationship between pain reaction and electrical stimulation of peripheral nerve with special reference of stimulatory parameters. *Korean J Physiol* 19,

- 227-232 (in Korean)
- Pomeranz B, Cheng R & Law P (1977). Acupuncture reduces electrophysiological and behavioral responses to noxious stimuli: pituitary is implicated. *Exp Neurol* 54, 172-178
- Price DD (1976). Modulation of first and second pain by peripheral stimulation and by psychological set. In: Bonica JJ & Albe-Fessard D (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 1. Raven, New York, p 427-431
- Richardson PH & Vincent CA (1986). Acupuncture for the treatment of pain: a review of evaluative research. *Pain* 24, 15-40
- Roizen MJ, Newfield P, Eger E, Hosobuchi Y, Adams JE & Lambs S (1985). Reduced anesthetic requirement after electrical stimulation of periaqueductal gray matter. *Anesthesiology* 60, 120-123
- Shanghai Institute of Chinese Medicine (1982). *Acupuncture and moxibustion*. Shang-Wu, Hong-Kong, p 333-383 (in Chinese)
- Shim JC, Kim YJ, Suh JK, Chung CW, Kang GB, Whang YH, Yoo HK, Park DH & Kim WS (1984). Clinical study of electrical stimulation of the peripheral nerve. *J Korean Society of Anesthesiologists* 17, 126-135 (in Korean)
- Vincent CA & Richardson PH (1986). The evaluation of therapeutic acupuncture: concepts and methods. *Pain* 24, 1-13
- Wall PD (1984). Neurophysiology of acute and chronic pain. In: Benedetti C et al (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 7. Raven, New York, p 13-25
- Willer JC (1975). Influence de l'anticipation de la douleur sur les frequences cardiaque et respiratoire et sur le reflexe nociceptif chez l'homme. *Physiol Behav* 15, 411-415
- Willer JC (1977). Comparative study of perceived pain and nociceptive flexion reflex in man. *Pain* 3, 111-119
- Willer JC (1985). Studies on pain. effects of morphine on a spinal nociceptive reflex and related pain sensation in man. *Brain Res* 331, 105-114
- Willer JC, Roby A, Boulu P & Boureau F (1982). Comparative effects of electroacupuncture and transcutaneous nerve stimulation on the human blink reflex. *Pain* 14, 267-278
- Willer JC, Roby A & Le Bars D (1984). Psychophysical and electrophysiological approaches to the pain-relieving effects of heterotopic nociceptive stimuli. *Brain* 107, 1095-1112
- Woolf CJ (1985). Functional plasticity of the flexor withdrawal reflex in the rat following peripheral tissue injury. In: Fields HL et al. (ed) *Advances in pain research and therapy*. Vol 9. Raven, New York, p 193-201