

## 저빈도 전기자극이 개의 치아 및 치은에 대한 동통억제효과

조선대학교 치과대학 소아치과학교실  
조선대학교 치과대학 구강생리학교실\*

권 훈 · 송형근\* · 이상호

### Abstract

#### THE INHIBITORY EFFECT OF LOW FREQUENCY ELECTRICAL STIMULATION ON THE DENTAL AND GINGIVAL PAIN OF DOG

Hoon Kweon, D.D.S., Hyung-Geun Song, D.D.S., M.S.D., Ph.D\*.  
Sang-Ho Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Chosun University*  
*Department of Oral Physiology, College of Dentistry, Chosun University\**

The purpose of this study was to investigate the effect of electrical anesthesia induced by non-acupuncture point stimulation on inhibition of amplitude of digastric EMG evoked by noxious electrical stimuli in teeth and gingiva.

Experiments were performed with dogs anesthetized with intraperitoneal pentobarbital sodium in an initial dose of 30mg/kg. Maintenance doses of 4.0ml/hour were given through a cannula in the femoral vein using a constant infusion pump.

Anterior belly of digastric muscle was exposed and a pair of 0.1mm wire electrodes were inserted for E.M.G. recording. Bipolar electrodes were inserted into the labial and lingual surface of upper canine and the labial area of upper gingiva. Noxious stimuli were delivered to the tooth and gingiva through those electrodes by electric stimulator.

Non-acupuncture point stimulation of 2Hz was delivered bilaterally to the femoral area. Amplitudes of digastric E.M.G. were measured from the oscilloscope and the monitor connected to amplifier at different intensities of electronic anesthesia of 1 volt, 4 volt and 10 volt. The inhibited rate of the amplitudes of digastric E.M.G. were analysed statistically with paired t-test.

The following results were obtained :

1. Non-acupuncture point stimulation with intensities of 1 volt, 4 volt and 10 volt showed

the inhibitory effect on pain of 15%, 25% and 16% in teeth and 15%, 18% and 12% in gingiva respectively

2. In tooth, statistical significance was observed between control and each group. In gingiva, there was statistical significance between control and group 1, 2 except group 3

From these results, low frequency electrical stimulation of non-acupuncture point resulted in reducing of dental and gingival pain, it could be used as adjunct to other pain control methods.

## I. 서 론

동양의학에서는 인체의 생명에너지의 흐름을 “기(energy)”라고 하며, “기”가 흐르는 길을 경락(meridian)이라 하고, 경락에 존재하는 공혈(孔穴)로서 특정한 위치에 생리적 또는 병리적인 반응이 현저하게 나타나는 곳을 경혈이라고 한다. 전통적인 침술요법의 중요한 부분은 체표상의 일정한 부위는 경락 또는 경혈을 통하여 약간 떨어진 신체구조에 특별한 영향을 준다는 것이다. 경혈은 해부학적으로 근과 근 사이, 근과 뼈 사이, 관절부의 요와, 신경이 근육으로부터 나오는 곳, 혈관이나 신경의 간부가 표재성으로 노출되어 있는 곳에 존재하며, 생리학적으로는 전기전도성(electro-magnetic conductivity)이 높고 피부저항이 낮은 곳에 존재한다. 침술요법의 기본 원리는 이러한 체표상의 특수한 부위에 유해자극을 가하여 말초 순환계내에  $\beta$ -endorphin의 분비를 유도시키는 것이다<sup>4, 7, 10, 27</sup>.

고대 중국의 침술은 서양에서 관심을 끌게 되었고 동통을 조절하는 방법으로 계속적인 연구가 시행되고 있다. Andersson<sup>3</sup>이 사람에서 피부와 치수의 유해자극에 의해서 유도된 실험적 동통에 대한 침술의 진통효과를 증명한 이후, 쥐<sup>19</sup>, 원숭이<sup>18</sup>, 토끼<sup>32</sup> 등 여러 종류의 동물 실험을 통하여 같은 결과가 보고되었다. Mayer<sup>27</sup> 등은 손의 합곡(제 1장골과 2장골이 갈라진 곳에서 약간 앞 제 2장골 변연에 위치)에 침 자극을 가하면 치아에 진통효과가 야기된다고 하였고, 이와는 대조적으로 Chapman과

Benedetti<sup>8, 9</sup> 등은 안면부를 자극하면 치아에 진통효과가 야기되었고, 이 때는 naloxone의 진통억제 효과도 적게 나타남을 보고하였다.

전기침의 자극부위에 따라서 그 효과는 많은 차이가 있는데 Toda<sup>38</sup>, Han<sup>19</sup>, Croze<sup>13</sup> 등은 정확한 경혈점을 찾아 자극할 때 전기침의 효과가 발생한다고 보고하여 경혈점의 중요성을 강조한 반면, Berlin<sup>5</sup>, Lee<sup>24</sup> 등에 의하면 경혈점과 비경혈점에 전기침 자극을 가하여 서로를 비교하였는데, 경혈점뿐만 아니라 비경혈점에서도 동통 역치가 증가하였다고 보고하였다. 원거리 비경혈점에 대한 전기침의 진통효과에 관한 연구에서는 Dorman<sup>15</sup> 등이 고양이의 다리 배면에 바늘을 이용하여 전기침 자극을 가하였더니 하악 견치의 동통 역치가 증가하였다고 보고하였고, Mayer<sup>27</sup>와 Watkins<sup>39, 40</sup>는 흰 쥐의 뒷다리 발바닥에 전기적 자극을 가할 경우 비마약성 진통이 유도됨을 밝혀, 침술 및 전기 자극이 기존에 밝혀진 마약성 진통기전 이외에도 비마약성 진통기전을 활성화시켜 비마약성 진통효과도 유도한다고 생각한다.

전기침은 자극의 형태에 따라서 저빈도, 고빈도로 분류될 수 있고, 이것들은 서로 다른 기전을 통해 진통효과를 발휘한다. Richard<sup>35</sup>는 세가지 형태의 자극 빈도를 가하여 전기침의 진통효과를 비교하였는데, 저빈도 자극에 의한 진통효과는 naloxone에 의해서 완전히 상쇄되었지만, 고빈도 자극에 의해서 유도된 진통효과는 naloxone으로 상쇄할 수 없었고 parachlorophenylalanine이 부분적으로 상쇄시켰다. 이 실험 결과는 저빈도 자극에 의한 전기침 효과는

endorphins에 의해 유도되는 내재성진통계(Opiate analgesic system)<sup>4)</sup>의 동통조절 이론에 의하고, 고빈도 자극에 의한 전기침 효과는 관문조절설(Gate control theory)<sup>29)</sup>을 따르는 것 같다.

Haug<sup>23)</sup>등은 원숭이 실험에서 같은 분절과 인접하거나 떨어진 분절에 2Hz, 80Hz 전기침 자극을 가하여 효과를 비교하였는데 같은 분절에서는 80Hz의 자극이 더 효과적이었지만 떨어진 분절에서는 2Hz가 더 효과적이었다고 하였고, Fox와 Melzack<sup>16)</sup>은 3Hz의 전기적 자극에 의한 동통억제의 증가효과를 “intense TNS(Transcutaneous Nerve Stimulation)”라 명명하였다. Andersson<sup>9)</sup>은 고빈도 자극은 사람에서 치아의 치수 자극시 동통억제를 신속하게 증가시키고, 진통범위가 좁고, 자극시간이 짧은 반면, 낮은 빈도 자극은 오랫동안 지속되고 전체적인 진통효과를 갖는다고 보고하였다.

침술요법의 기본 술식으로는 바늘을 삽입하고 손으로 진동을 주거나 저빈도의 전기적 자극을 가하는 것을 포함한다. 최근 연구에 의하면 표면전극<sup>28)</sup> 또는 침을 이용하여 낮은 빈도의 전기적 자극을 가하면 동통 억제를 증가시켜 저빈도 전기자극이 전통적인 고대 중국 침술과 유사한 효과를 얻었다고 보고되었다. Andersson<sup>9)</sup>등은 표면전극을 통한 전기적 자극이 침전극과 유사하게 치아의 동통억제를 증가한다고 보고하였다.

말초신경을 자극하면 동통전달과 관련된 여러 뉴런에서 시냅스를 억제하여 진통효과를 야기하거나 생체내 진통작용을 가지는 내재성 opioid를 유리하여 동통을 조절하기도 한다. 이러한 동통억제 작용은 사회적, 정신학적, 동기유발적인 요소들이 복합되어 발생된다. 치아의 진통효과가 과연 경혈점에 전기적 자극을 가한 경우에만 발생하는지 아니면 경혈점과는 무관하게 임의의 지점에 자극을 가한 경우에도 치아에 진통효과가 일어날 수 있는지에 대한 흥미있는 문제가 제기된다. 전기침의 자극부로는 동통을 유발시킨 부위나 경혈점을 선택하는 것이 일반적이나 비경혈점 자극<sup>15, 27, 40)</sup>으로도 동통조절 효과를 얻을 수 있다는 보고도

있다. 우측 대퇴부에 대한 전기침 자극은 비숙련자도 쉽게 시행할 수 있으며 치과진료시 움직임의 제약을 주지 않는다는 장점이 있다. 소아에게 침전극을 이용하여 전기침요법을 시행할 경우 바늘에 대한 공포감때문에 행동조절에서 문제가 발생할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 비경혈점의 저빈도 전기침 자극을 이용하여 치아 및 치은에 대한 진통, 마취 효과를 동물실험을 통하여 객관적으로 평가함으로써 향후 저빈도 전기침 자극을 임상에 응용할 수 있는지의 여부를 규명하고자 하는데 그 목적이 있다.

## II. 실험방법

### 1) 실험대상 및 준비

체중이 5kg이상되는 성견 10마리를 대상으로 장시간 마취제인 Entobar<sup>TM</sup>(pentobarbital sodium; 30mg/kg, 체중)를 복강내 주입하여 마취하고 실험대의 고정장치에 동물을 고정하였다. 대퇴부 내측을 절개하여 고정맥(femoral vein)을 노출시키고 정맥혈관에 약물주입용 카늘을 삽입한 후, 항속주입기인 syringe pump (SP 120P WPI, Inc.)를 이용하여 일정한 마취 정도를 유지하도록 하였다.

하악골 하방의 악이복근을 노출시켜 개구반 사시 발생하는 근전도를 기록하기 위해 직경 0.1mm의 두개의 선전극을 삽입하며, 다른 끝부분은 근육에서의 전위변화, 즉 근전도를 측정할 수 있는 교류증폭기(A-M system, 1700, U.S.A.)와 오실로스코프(Phillips, U.S.A.)에 연결하였다.

치아에 유해전기자극을 주어 동통을 유발하기 위해 상악 견치의 순면과 설면에 각각 직경 4 mm, 깊이 1.5mm의 와동을 형성하고 여기에 끝부분이 2mm정도 노출된 직경 0.2mm의 구리전극을 위치시키고 아말감을 충전한 후 치과용 접착레진으로 고정하였다. 또한 치은에 전기자극에 의한 유해자극을 주기위해 상악 전방부 순측 치은에 직경 0.1mm의 두개의 구리전극을 삽입하였다. 치아 및 치은에 있는

구리선은 각각 전기자극기(GrassTM, U.S.A.)에 연결하였다.

## 2) 실험방법

### ◇ 동통의 유발

유해자극에 의한 동통을 유발하기 위해 치아와 치은에 연결된 구리선을 정량화된 전류를 발생시킬 수 있는 전기자극기에 연결하여 전기적 자극을 가하였다.

### ◇ 동통억제측정

전기적으로 유해자극을 가하여 악이복근(Digastric muscle)의 개구반사를 일으키는 최소의 자극강도를 측정하고 이를 동통의 역치로 결정하였다. 악이복근에서의 전위변화, 즉 근전도는 교류증폭기에 연결하여 증폭 및 여과시키고 이를 오실로스코프에서 관찰, 측정하며 특히 역치를 측정할때는 오실로스코프와 함께 Audiomonitor(Grass, U.S.A.)를 사용하여 역치의 양상을 청각화하여 측정함으로써 측정오차를 줄였다(Fig. 1).

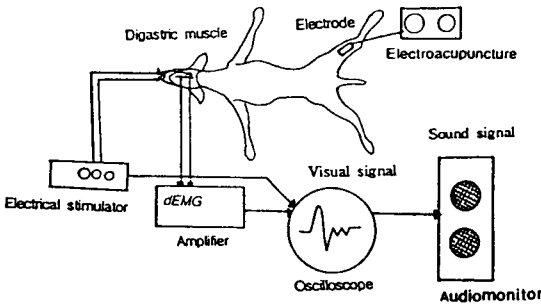


Fig.1 Schematic drawing of experimental setup

◇ 전기침을 이용한 15mm X 15mm 판형의 전극을 우측 무릎관절의 상방 8cm 측방부위에 부착하고 전기침자극기(Dental Electronic Anesthesia, 3M, U.S.A.)를 이용하여 2Hz, 250  $\mu$ sec, biphasic 파형의 전류로 실험 1군 1volt, 실험 2군 4volt, 실험 3군 10volt의 세가지 강도로 20분동안 흐르게 한 후 각각의 근전도 크기를 측정하였다(Table 1).

### ◇ 동통억제효과 평가

역치자극 강도의 1.5배로 전기적 유해자극을 가한다. 전기침 자극전에 얻은 악이복근의 개구반사 정도를 대조군으로 하며 여러 강도의 전기침 마취군을 실험군으로 하여 대조군의 근전도를 기준으로 상대적인 동통억제효과를 평가하였다.

◇ 전기침 자극의 전후 및 전기침의 강도에 따른 동통억제효과는 악이복근의 근전도를 교류증폭기를 통해 오실로스코프상에 측정하여 비교, 분석하였으며, 측정치를 통계학적으로 검증하기 위해 Paired t-test를 시행하였다.

## III. 실험결과

### 1. 치아의 동통억제효과

치아의 경우 동통의 정도를 나타내는 악이복근의 개구반사에 따른 근전도는 전기침을 하지 않은 대조군에 비해서 1 volt의 강도로 전기침을 시행한 군에서 15%의 근전도 크기가 감소하였으며, 4 volt로 자극한 제 2군의 경우 25%, 그리고 10 volt로 자극한 제 3군의 경우 16%의 감소효과를 보였다(표2). 대조군과 각 실험군에서 근전도로 나타난 동통의 정도는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ , ( $p < 0.01$ )(Table 2).

Table 1. Grouping by the stimulation intensities of electric anesthesia

Area	Group			
	Control	Group 1	Group 2	Group 3
Teeth	0	1	4	10
Gingiva	0	1	4	10

(단위 : mV)

Table 2. Effect of non-acupuncture point stimulation on EMG of digastric muscle evoked by pulpal stimulation(단위 : mV)

Subjects	Control	Group1	Group2	Group3	C0	C1	C2	C3
1	680	468	248	298	1.00	0.69	0.36	0.44
2	184	128	125	109	1.00	0.69	0.68	0.59
3	740	610	320	421	1.00	0.82	0.43	0.57
4	530	501	503	539	1.00	0.95	0.95	1.01
5	660	655	631	603	1.00	0.99	0.96	0.91
6	315	310	305	325	1.00	0.98	0.97	1.03
7	442	287	315	417	1.00	0.65	0.71	0.94
8	865	776	607	780	1.00	0.89	0.70	0.90
9	556	558	523	530	1.00	1.00	0.94	0.95
10	395	331	295	436	1.00	0.84	0.75	1.10
Mean	537 ±208	462 ±197	367 ±189	436 ±186	1.00	0.85 ±0.13	0.75 ±0.22	0.84 ±0.23
Inhibition (%)						15%	25%	16%

C0 : Ratio of Control vs Control  
 C1 : Ratio of Group 1 vs Control  
 C2 : Ratio of Group 2 vs Control  
 C3 : Ratio of Group 3 vs Control

	C01	C02	C03
T-value	3.52	3.68	2.18
Probability	** 0.0032	** 0.0025	* 0.02
C01 : Difference of C0 vs C1 C02 : Difference of C0 vs C2 C03 : Difference of C0 vs C3 * : P<0.05, ** : P<0.01			

## 2. 치은의 동통억제효과

치은의 경우 동통의 정도를 나타내는 악이 복근의 개구반사에 따른 근전도는 전기침을 하지 않은 대조군에 비해서 1 volt의 강도로 전기침을 시행한 군에서 15%의 근전도 크기가 감소하였으며, 4 volt로 자극한 제 2군의 경우

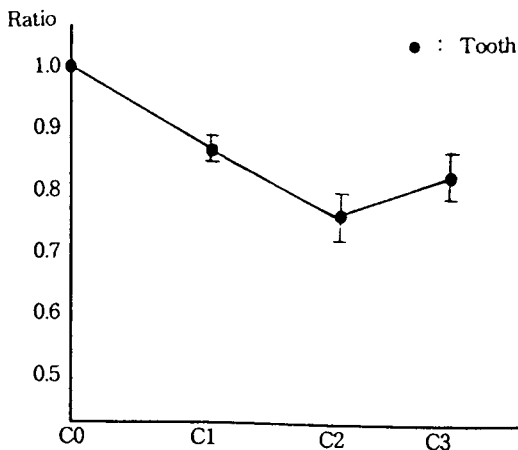
18%, 그리고 10volt로 마취한 제 3군의 경우 12%의 크기가 감소하였다(표3). 대조군과 제 1, 2군 사이에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었지만(p<0.01), 대조군과 제 3군 사이에서는 유의할만한 차이를 나타내지 않았다(Table 3).

Table 3. Effect of non-acupuncture point stimulation on EMG of digastric muscle evoked by gingival stimulation (단위 : mV)

Subjects	Control	Group1	Group2	Group3	C0	C1	C2	C3
1	823	768	553	298	1.00	0.93	0.67	0.56
2	281	275	276	109	1.00	0.97	0.98	1.12
3	479	408	419	421	1.00	0.85	0.87	1.15
4	104	104	108	539	1.00	1.00	1.03	1.43
5	176	123	131	603	1.00	0.69	0.74	0.88
6	157	130	117	325	1.00	0.82	0.75	0.72
7	214	150	127	417	1.00	0.70	0.59	0.50
8	108	93	93	780	1.00	0.86	0.86	0.96
9	603	574	579	530	1.00	0.95	0.96	0.73
10	330	245	260	436	1.00	0.74	0.79	0.82
Mean	328 ±238	287 ±229	266 ±188	267 ±167	1.00	0.85 ±0.11	0.82 ±0.14	0.88 ±0.29
Inhibition (%)						15%	18%	12%

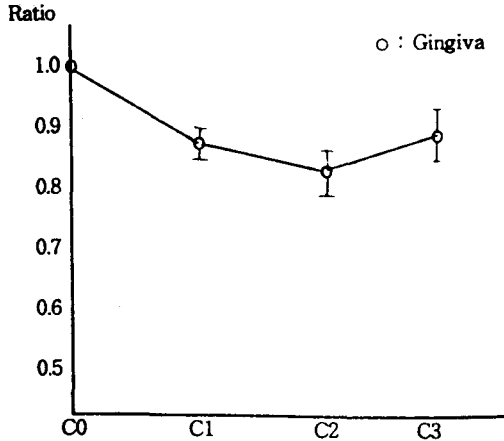
C0 : Ratio of Control vs Control  
 C1 : Ratio of Group 1 vs Control  
 C2 : Ratio of Group 2 vs Control  
 C3 : Ratio of Group 3 vs Control

	C01	C02	C03
T-value	4.17	3.92	1.24
Probability	** 0.0012	** 0.0017	0.12
C01 : Difference of C0 vs C1			
C02 : Difference of C0 vs C2			
C03 : Difference of C0 vs C3 * : P<0.05, ** : P<0.01			



C0 : Ratio of Control vs Control  
 C1 : Ratio of Group 1 vs Control  
 C2 : Ratio of Group 2 vs Control  
 C3 : Ratio of Group 3 vs Control

Fig.2 Inhibition rate of amplitude of digastric EMG after non-acupuncture point stimulation.



C0 : Ratio of Control vs Control  
 C1 : Ratio of Group 1 vs Control  
 C2 : Ratio of Group 2 vs Control  
 C3 : Ratio of Group 3 vs Control

Fig.2 Inhibitory rate of amplitude of digastric EMG after non-acupuncture point stimulation.

#### IV. 총괄 및 고안

치과에서 동통을 감소시키기 위한 여러가지 방법들이 연구되어 왔다. 1884년에 소개된 Nitrous oxide는 소아의 치과치료시 동통과 불안을 감소시키는 효과적인 방법으로 인식되고 있다. 더 완벽한 동통조절의 수단으로 해부학적인 동통경로를 폐쇄하여 동통인지를 차단하는 국소마취제가 개발되었다. 1904년에 Ester type인 Novocaine이 개발되었으나 알려지 반응을 자주 일으키기 때문에 1948년에는 부작용을 최소로 야기하는 Amide type인 Lidocaine이 개발되어 현재 가장 많이 사용되는 동통조절의 방법이다.

1980년에 들어서는 전기적 방법을 이용하여 동통조절에 대한 치과적 적용이 연구되고 있다<sup>30)</sup>. 최근 몇년간 관심을 끄는 것은 전기적 자극을 이용하여 동통인지를 차단하는 신경계를 활성화 시킴으로써 진통효과를 나타내는 여러 가지 가능성들에 관한 것이다. 현재까지도 전기적 자극에 의한 동통 감소의 전반적인 기전이 완전히 밝혀지지 않았지만, 여러가지 요소들이 작용하는것으로 알려져 있다.

경피전기신경 자극으로 알려진 전기마취는 동통 자극을 차단시키는 범위내에서 신경자극 경로에 전류를 적용시키는 것을 의미한다. Melzack과 Wall<sup>29)</sup>이 1965년에 발표한 동통의 관문조절설(Gate control theory)에 따르면, 두꺼운 유수신경섬유를 자극하면 척수후각에 있는

교양질세포의 기능성이 활성화되어 동통을 억제한다는 이론이다. 의학영역에서 경피전기신경 자극법의 사용은 상당히 일반화 되어 있는데 특히 스포츠 의학, 만성 동통 조절을 위한 물리치료, 수술 후 급성동통 회복과 재활치료에서 성공율이 높다고 알려져 있다. 이러한 의학분야에서 경피전기신경자극법의 성공은 Mehta<sup>30)</sup>, Christensen<sup>31)</sup>등에 의해서 치과적 응용으로 발전되었고, 최근에 Jedrychowski<sup>32)</sup>, teDuits<sup>37)</sup>, Croll<sup>32)</sup>등은 경피전기신경자극법을 이용해서 소아들의 치과치료를 시행함으로써 소아치과 분야에서 사용가능성을 제시하였다.

동통을 차단하는 다른 방법으로는 전통적인 중국의 침술로부터 유래된다. 침술에 대한 생리학적 근거가 중국보고에 나타나 있지 않고, 침술에 의한 진통효과 기전에 대해서도 광범위하게 논의되었지만 완전히 명확하게 밝혀져 있지는 않은 상태이다. 그러나, Dimond<sup>34)</sup>에 의하면 침을 통한 낮은 빈도의 전기적 자극 즉 전기침은 수술을 허용할 수 있는 임상적인 진통효과를 나타낸다고 하였다. 이 방법의 기전은 전기침 자극이 가해지면 뇌간, 뇌하수체 등에서 엔돌핀류 호르몬의 분비가 촉진되며, 이 호르몬들은 동통을 전달하는 흥분성 신경 전달물질의 배출을 억제한다. 그 결과 차단된 마약성 수용기는 구심성 동통을 전달할 수 없어 동통완화가 이루어진다는 내재성 진통계(Opiate analgesia system)에 의한 것이다<sup>4)</sup>.

최근 몇년 동안에는 동통을 억제하는 내재성

진통의 이론에 관한 많은 연구가 시행되었다<sup>4,7, 10,33</sup>). 실제로 대뇌의 여러 영역에는 엔돌핀이라 부르는 내원성 opioid가 있다. 이 물질은 동통을 완화시킬 수 있으며, 어떤 경우에는 몰핀보다 더 효과적이다. 엔돌핀을 함유하고 있는 대뇌 부위에 전극을 삽입하여 자극하면 동통이 완화되는데, 이 완화는 자극이 계속되는 동안 지속됨을 볼 수 있었다. 동물 및 임상실험에서 엔돌핀의 작용을 방해하는 화학물질인 naloxone 주사가 침술에 의해 나타나는 동통 완화 효과를 감소 차단시키는 것을 볼 때에 침술요법은 엔돌핀 분비를 야기하는 작용을 하는 것으로 추정된다<sup>4,7,10,27,33</sup>).

이상과 같이 전기침 요법의 생리학적인 기전의 개념이 확립되면서, 임상에서 광범위하게 응용되어지고 있다. 전기침의 치료 효과 중에서 가장 우수한 것이 진통효과 일 것이다. 수술후의 동통, 발치후 동통, 악관절 동통과 같은 급성 동통과 두통, 안면통과 같은 만성동통은 전기침의 좋은 적응증이 된다. 전기침의 마취 효과는 진통 효과의 응용 중의 하나라고 할 수 있으며 통각역치의 상승에 의한 것이다. 그러므로 그 상승도에 따라 마취효과에 차이가 발생하며 상당한 개인차 및 상황차가 있다. 전기침을 이용한 마취는 아직 일부분에서 시도되고 있지만<sup>3</sup>, 앞으로 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 본다.

경혈은 해부학적으로 근과 근 사이, 근과 뼈 사이, 관절부의 요와, 신경이 근속으로부터 나오는 곳, 혈관이나 신경의 간부가 표재성으로 노출되어 있는 곳에 존재한다. 생리학적으로는 모두 전기저항이 낮은 곳에 존재하는데 생리학적인 의미의 효과점에 자극을 가하면 다른 부위에 가했을 때 보다 더 효과가 있다. Toda<sup>38</sup>)와 Han<sup>19</sup>) 등은 올바른 경혈점을 찾아 자극할 때 전기침의 효과가 더 크다고 하였고, Croze<sup>13</sup>)는 침술의 효과는 특별한 경혈점과 관련이 있다고 보고하였다. 반면에 Lee<sup>24</sup>)는 진통의 정도는 침바늘이 전통적인 경혈점 또는 임의적인 distant point에 놓이든간에 관계없다고 하였으며, Berlin<sup>5</sup>)는 적절한 경혈점(합곡, 족삼리)과 이 곳과 5cm 떨어진 부위에 전기침 자극을 가하여

서로 비교하였는데, 두 군 모두에서 동통역치가 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 동통을 유발시킨 부위와 가급적 멀리 떨어진 무릎관절의 상방 8cm 측방부위에 전기침 자극을 가하여 동통억제 효과를 평가하였는데, 이 부위는 구강과 관련된 경혈점이 존재하지 않고 시술시 움직임의 제약을 주지 않으므로 전기침 자극부로 선택하였다.

본 실험에서는 실험동물의 동통인지 정도를 개구반사시 나타나는 악이복근의 근전도 크기로 평가하였다. 악안면 영역에 가해진 유해성 자극은 회피반사의 하나인 개구반사를 일으키며, 개구반사의 크기는 가해진 동통의 크기와 비례하고, 이를 악안면 영역에서 동통의 지표로 삼을 수 있다고 하였으며, 이를 동통연구에 이용할 수 있다고 하였다<sup>26</sup>).

적절한 유해자극을 주는 것은 동통과 진통 효과의 연구에서 중요한 요소이다. 이번 실험에서는 치아 및 치은에 동통을 유발하기 위해서 전기자극기를 사용하여 유해자극을 가하였는데, 이 방법은 열, 기계적 자극에 비해서 크기의 조절이 가능하고 발현회복이 빠르다는 장점이 있다. 본 실험에서는 유해자극의 기간(duration), 빈도(frequency)는 동일한 상태로 유지하고 크기(amplitude)를 조절하여 악이복근의 근전도 발생을 위한 최소의 자극크기를 역치로 하였고 역치강도의 1.5배로 유해자극을 가하였다.

비경혈점에 원거리 전기침 자극을 시행한 후 동통의 정도를 나타내는 악이복근의 개구반사에 따른 근전도 크기를 비교해 본 결과 치아의 경우 1, 4, 10 volt 강도에서 각각 15%, 25%, 16%, 치은에서는 각각 15%, 18%, 12% 감소하였다. 치아와 치은 모두 대조군에 비해서 각 군의 근전도 크기가 감소하였으나, 제 3군에서는 제 2군에 비해서 근전도의 크기가 오히려 증가하였다. 이 현상은 전기침의 자극 크기가 증가할수록 근육수축이 증가하여 동통도 증가되어서 마취효과가 떨어진다는 Takeshige<sup>36</sup>)의 실험결과와 일치한다. Andersson<sup>3</sup>)은 인간을 대상으로 전기침 자극의 마취효과가 65-90%라 하였으며, Chapman<sup>9</sup>)은 전기침의 효과가 33% N<sub>2</sub>



O<sub>2</sub>와 비슷한 진통효과를 나타낸다고 보고하였다. 원거리 전기침 자극을 사용한 본 실험에서는 10-30% 정도의 효과를 보였으나, 임상에서 적용할 경우에는 국소마취 주사에 공포를 느끼는 소아에서 주사바늘에 대한 공포감과 불안감이 제거되는 심리적인 면을 고려해보면 더 높은 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

이번 실험은 동물을 대상으로 하여 악이복근의 개구반사 정도에 따른 역치를 평가하였는데 전신마취의 심도에 따라서 악이복근의 근전도 반응에 오차가 있을 수 있다고 생각되었다. 따라서 본 실험에서는 대퇴부 내측을 절개하여 고정맥을 노출시키고 정맥혈관에 약물주입용 카늘을 삽입한 후, 항속주입기인 SP 120P syringe pump(WPI, Inc.)를 이용하여 일정한 마취정도를 유지하여 측정치 사이의 변이를 최대한 줄이려고 하였다.

임상적으로 많이 사용되는 저주파는 저빈도, 중빈도, 고빈도등으로 분류된다. 저빈도 주파수인 1Hz, 3Hz, 5Hz는 주로 전기침에서 적용되고 동통역치는 천천히 상승해가는데 그대신 자극을 정지하여도 지속적인 효과는 강하다. 고빈도 주파수인 50Hz는 경피전기신경자극에서 많이 사용되고 즉각적으로 동통역치가 상승하고 그 정도가 크지만 지속효과가 약하다. Richard<sup>30)</sup>는 세가지 형태(0.2, 4, 200Hz)의 자극 빈도를 가하여 전기침의 진통효과를 비교하였는데, 저빈도 자극에 의한 진통효과는 naloxone에 의해서 완전히 상쇄되었지만, 고빈도 자극에 의해서 유도된 진통효과는 naloxone으로 상쇄할 수 없었고 parachlorophenylalanine이 부분적으로 상쇄시켰다. 이 실험결과는 저빈도 자극에 의한 전기침 효과는 엔돌핀에 의해 유도되는 내재성진통계의 동통조절 이론에 의하고, 고빈도 자극에 의한 전기침 효과는 관문조절설에 의한 것이라는 것을 암시한다. Willer등<sup>41)</sup>은 원거리 전기침 자극의 효과를 객관적으로 평가하기 위해서 인간을 대상으로 편측상안와 신경(supraorbital nerve)을 자극하여 안륜근(orbicularis oris)의 근전도 반응을 사용하였는데, 무통성 자극을 가하면 편측 안륜근

반응이 근전도에 나타나지만, 동통역치 이상의 자극을 가하면 양측 안륜근 반응이 관찰되었다. 그러나, 원심부에 저빈도, 고강도(2Hz, 10mA)의 전기침 자극을 가하면 양측성 근전도 반응은 감소하였고 20분후에는 반응이 최대로 감소하였으며 전기침 자극이 유지되는 한 그 효과는 지속되었다. 전기침 자극을 중단하면 양측성 안륜근 반응이 점점 회복되어서 30분후에는 원래의 반응으로 되돌아왔다고 하였다. Takeshige등<sup>30)</sup>은 경혈점에서 근육수축을 유발할 수 있는 전기침의 자극강도에 관한 실험에서 1Hz, biphasic, 640μsec형태의 전기자극을 사용하였는데, 4 volt에서 약간의 근육수축 현상을 관찰하였으며 12 volt로 자극할 경우 경혈점에서 근육의 수축현상은 증가하였으나, 뇌간에서의 유해자극에 대한 반응이 나타나는 현상이 관찰되었고 전기침은 자극의 크기가 증가할 경우 증가된 근육수축으로 인한 동통도 증가되어서 마취효과가 떨어진다고 하였다. 따라서 본 실험에서는 이 두 실험을 기초로 하여 2Hz의 저빈도 전기적 자극을 1, 4, 10 volt의 세가지 강도로 20분간 흐르게 하였고 각 군 사이에는 30분동안의 간격을 두었다.

치과치료시 국소마취액을 주사하는 것은 소아에게 공포심과 불안감을 일으킬 뿐아니라 치료후 감각이상도 지속될 수 있으며, 이로 인한 외상성 궤양이 초래되기도 한다. 따라서 비침습적이고 치료 후 마취 효과가 없어지는 비경혈점에 원거리 전기침 자극을 이용한 전기마취 방법은 소아치과 모든 임상에서 국소마취 술식을 완전히 대체할 수는 없지만, N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>의 흡입, 소량의 국소마취제, 비디오, 음악과 이어폰을 통한 청각효과와 복합되어 사용될 경우 유치 발거, 알은 와동의 형성, 러버댐 장착, 치면세마, 악관절 동통의 처치와 같은 술식에서는 제한되어 사용할 수 있으리라 생각된다. 그러므로, 비경혈점에 원거리 전기침 자극을 이용한 전기마취가 더욱 활성화되기 위해서는 임상에서 쉽게 적용할 수 있는 유용한 효과점, 전기자극의 종류와 형태등에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

전기침 자극을 가하여 전기마취시 동통억제 효과를 평가하기 위해 성견 10마리를 대상으로 우측 대퇴부에 표면전극을 부착하고 이를 전기침자극기에 연결한 후, 2Hz, 250 $\mu$ sec, bi-phasic 파형의 전류를 1, 4, 10 volt의 세가지 강도로 각각 20분동안 흐르게 하여 전기침자극을 시행하고 일정한 유해자극하에서 동통의 크기를 악이복근에서 근전도로 측정함으로써 전기마취의 강도에 따른 동통억제효과를 비교 평가한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 동통억제의 1.5배로 유해자극을 가하였을 때 1, 4, 10volt의 강도로 전기침자극을 시행한 군이 전기침자극을 가하지 않은 대조군에 비하여 치아에서 근전도의 크기가 15%, 25%, 16%, 치은에서는 15%, 18%, 12% 감소하였다.
2. 치아에서 대조군과 제 1, 2군사이에서와( $p < 0.01$ ), 대조군과 제 3군사이에서( $p < 0.05$ ) 통계학적으로 유의성이 있었고, 치은에서는 대조군과 제 1, 2군사이에서 유의성이 있었지만( $p < 0.01$ ), 제 3군은 대조군에 비해 동통의 크기는 감소하였으나 유의할만한 차이를 나타내지 않았다.

이상의 연구 결과를 볼 때 우측 대퇴부에 대한 전기침 자극은 치아 및 치은에 동통감소 효과를 나타내며, 다른 동통조절 방법과 복합되어 임상에서 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 이찬일 : 『두경부 질환에 대한 저주파 전기침 자극요법의 응용』, 서울, 국제치의학출판사, 1993, P 4-75
2. 민강옥, 이태용 : 『SSP 요법』, 서울, 현문사, 1991, P 23-59
3. Andersson, S. A., Erickson, T. and Holmgren, E. : "Electro-acupuncture. Effect on pain threshold measured with electrical

- stimulation of teeth", *Brain Res.*, 63 : 393-396, 1973
4. Basbaum, A.I. and Fields, H.L., : "Endogenous pain control systems : brainstem spinal pathways & endorphin circuitry" *Ann. Rev. Neurosci.*, 7 : 309-338, 1984
5. Berlin, F.S., Bartlett, R.L. and Black, J.D., : "Acupuncture & puncture : Effects on delaying the terminating response to a painful stimulus". *Anesthesiology*, 42 : 527-531, 1975.
6. Bonica, J.J., : "Acupuncture anesthesia in the people's republic of china" *JAMA*, 229 : 1317-1325, 1974.
7. Bossut, D.F., Hung, Z.S., Sun, S.L. and Mayer, D.J., : "Electroacupuncture in rats : evidence for naloxone & natrexone potentiation of analgesia" *Brain research*, 549 : 36-46, 1991.
8. Chapman, C.R., Colpitis, Y.M. and Benedetti, C., : "Evoked potential assessment of acupuncture analgesia : Attempted reversal with naloxone" *Pain*, 9 : 183-197, 1980.
9. Chapman, C.R., Gehrig, J.D. and Wilson, M.E., : "Acupuncture compared with 33% nitrous oxide for dental analgesia" *Anesthesiology*, 42 : 532-537, 1975.
10. Cheng, S.S. and Pomeranz, B., : "Electroacupuncture analgesia could be mediated by at least two pain-relieving mechanism : Endorphin & non-endorphin systems" *Life science*, 25 : 1957-1962, 1979.
11. Christensen, G.J. and Christensen, W.G., : "Electronic anesthesia", *Clinical Research Associates News Letter*, July 1993
12. Croll, T. P. and Simonsen, J. R. : "Dental electronic anesthesia for children : Technique and report of 45 cases". *J. Dent. Child.*, 80 : 97-103, 1994
13. Croze, S., Antonietti, C. and Duclaux, R., : "Changes in burning pain threshold indu-

- ced by acupuncture in man" *Brain research*, 104 : 335–340, 1976.
14. Dimond, E.G., : "Acupuncture anesthesia" *JAMA*, 229 : 1317–1325, 1971.
  15. Dorman, H. L. and Gate, T. W. : "Effect of electro-acupuncture on the threshold for eliciting the jaw depressor reflex in cats", *Archs Oral Biol.*, 23 : 505–506, 1978
  16. Fox, E.J. and Melzack, R., : "Transcutaneous electrical stimulation & acupuncture : comparison of treatment for low-back pain" *Pain*, 2 : 141–148, 1976
  17. Fung, T.H., Hwang, J.C., Chan, H.H. and Chin, Y.C., : "Electroacupuncture supression of jaw depression reflex elicited by dentalgia in rabbits." *Experimental Neurology*, 47 : 367–369, 1975.
  18. Han, J.S. and Terenius, L., : "Neurochemical basis of acupuncture analgesia" *Pharmacol. Toxicol.*, 22 : 193–220, 1982.
  19. Han, J., Zhou, Z. and Xuan, Y., : "Acupuncture has an analgesic effect in rat", *Pain*, 15 : 83–91, 1983
  20. Hannam A.G. and Matthews B. : "Reflex jaw opening in response to stimulation of periodontal mechanoreceptors in the cat", *Archs oral Biol.* 14 : 415–419, 1969
  21. Hayes, R.L., Bennett, G.T., Newlon, P. and Mayer, D.J., : "Behavioral & physiological studies of non-narcotic analgesia in the rat elicited by certain enviromental stimuli" *Brain research*, 155 : 69–90, 1978
  22. Huang, Y., Wang, Q. and Zheng, J., : "Analgesic effects of several modes of electroacupuncture in monkeys & their reversal by naxolone" *Science*, 171 : 60–69, 1986.
  23. Jedrychowski, J.R. and Duperon, D. : "Effectiveness and acceptance of electronic dental anesthesia by pediatric patients", *J. Dent. Child.*, 75 : 186–192, 1993
  24. Lee, P.K., Andersen, T.W., Modell, J.H. and Saga, S. A., : "Treatment of chronic pain with acupuncutre", *JAMA*, 232 : 1133–1135, 1975.
  25. Lynn, B. and Perl, E.R., : "Failure of acupuncture to produce localized analgesia" *Pain*, 3 : 339–351, 1977.
  26. Mahn, P.E. and Andersson, K.V., : "Jaw depression elicited by tooth pulp stimulation" *Exp. Neurolol.* 29 : 439, 1970.
  27. Mayer, D.J., Price, D.D. and Raffi, A., : "Antagonism of acupuncture in man by the narcotic antagonist naloxone" *Brain resarch*, 121 : 368–372, 1977.
  28. Melzack, R., Stillwell, D.M. and Fox, E.J., : "Trigger points & acupuncture points : correlations & implications" *Pain*, 3 : 3–23, 1977.
  29. Melzack, R. and Wall, P.D., : "Pain mechanism : A new theory", *Science*, 150 : 971–978, 1965
  30. Mehta, N., Kugel, G. and Shuria, A.A., : "Effect of electronic anesthesia TENS on TMJ & orofacial pain", *J. Dent. Res.*, 73 (special isue) abst. no., 2054, 1994
  31. Mehta, N., Kugel, G. and Shuria, A.A., : "Effect of electronic anesthesia T.E.N.S. on pain associated with oral hygiene & periodontal procedures", 1994(personel communication)
  32. Mclennan, H.G., Gilfillan, K. and Heap, Y., : "Some pharmacological observations on the analgesia induced by acupuncture in rabbits" *Pain*, 3 : 229–238, 1977
  33. Pertovaara, A., Kemppainen, P. and Johansson, G. : "Dental analgesia produced by non-painful, low-frequency stimulation is not influenced by stress or reversed by naloxone", *Pain*, 13 : 379–384, 1982
  34. Quarnstrom, F. C. : "Electrical anesthesia", *Cali. Dent. Asso. J.*, Dec. : 33–39,

1988

35. Richardson, P.H. and Vincent, C.A., :  
"Acupuncture for the treatment of pain : A review of evaluation research", *Pain* 24 : 15-40, 1986
36. Takeshige, C., Oka, K. and Mizuno, T., :  
"The acupuncture point & its connecting central pathway for producing acupuncture analgesia", *Brain research Bulletin*, 30 : 53-67, 1993
37. teDuits, E.S., Donly and G.K., : "Effectiveness of electronic anesthesia in children, *Pediatr. Dent.*, 15 : 191-196, 1993
38. Toda, K, Suda, H. and Ichioka, M. : "Local electrical stimulation : Effective needling points for suppressing jaw opening reflex in rat", *Pain*, 9 : 199-207, 1980.
39. Watkins, L.R., Cobelli, D.A. and Faris, P., :  
"Opiate vs non-opiate footshock-induced analgesia(FSIA) : The body region shocked is a critical factor." *Brain research*, 242 : 299-308, 1982.
40. Watkins, L.R. and Mayer, D.J., : "Organization of Endogenous opiate & non-opiate pain control system", *Science*, 216 : 1185-1192, 1982.
41. Willer, J.C., Roby, A., Boulu, P. and Boureau, F., : "Comparative effects of electroacupuncture & transcutaneous nerve stimulation on the human blink reflex", *Pain*, 14 : 267-278, 1982.