

# 침자극에 따른 근전신호변화에 관한 연구

김현규\*, 이명관\*, 박영배\*\*, 허웅\*

\* 명지대학교 전자공학과

\*\* 경희대학교 한의대학

## A Study on the EMG Signal Variation by the Acupuncture

H.K. KIM\*, M.K. LEE\*, Y.B. PARK\*\*, W. HUH\*

\* Dept. of Electronic Eng., Myong Ji Univ.

\*\* School of Oriental Medicine., Kyunghee Univ.

### ABSTRACT

In this paper, we study myoelectric signal variation through kyunrak needle stimulation.

The signal are detected from two kyunrak route of arm: before and after stimulation of a needle, and before and after neele rotation. The detected signals are analyzed at frequency domain to search a characteristic parameters.

At the rotation method, spectrum density of the signals varies large but spectrum is not detected before and after rotation. We can not see any relation between spectrum variation and rotational direction. As the results, when the same stimulation method is used at two different kyunrak route respectively, it is found that the variation of the myoelectric signal is not same.

본 연구에서는 자침(刺鍼) 시 발생하는 근전 신호의 변화를 주파수 영역에서 고찰하여 자침과 근전 변화의 상관관계해석을 위하여 경락별로 기초 실험을 하였다.

자침은 수궐음심포경(手厥陰心包經)의 경락내에 있는 내관혈(內關穴)과 수소음심경(手少陰心經)의 경락내에 있는 영도혈(靈道穴)을 선택하여 행하였으며, 직자법(直刺法)과 연전법(燃轉法)을 사용하여 실험하였다.

자침 시 발생하는 근전신호처리를 위하여 동일한 특성을 갖는 2채널의 근전 신호 증폭기를 사용하여 손바닥과 팔에서 동시에 검출하였으며, 검출된 신호는 이동 창 함수(Window function)를 이용하여 데이터의 구간간에 대해 FFT(Fast Fourier Transform)를 행한 후 전력 스펙트럼 밀도(Power Spectrum Density : PSD)를 데이터의 구간별로 구해 전력 스펙트럼의 시간에 대한 주파수 분포 변화를 해석하였다.<sup>6,7)</sup>

## 제 1 장 서 론

최근 동양의학에서 침 자극(鍼刺戟)의 효과를 정량화 하기 위한 일련의 연구로서 근전 신호를 이용하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

Mills 등은 근 피로 현상에 관한 연구에서 근육이 피로할 경우에는 근전 신호가 전력 스펙트럼 상에서 낮은 주파수로 이동하는 것을 발표하였고, Kadefors 등은 침 및 표면전극을 사용하여 피로한 정상근(正常筋)의 주파수 스펙트럼으로부터 근전도 레벨의 전체적 증가와 저주파수 부분의 진폭 증가, 그리고 고주파 부분의 진폭 저하 등을 보고하였으며, 근전도 레벨의 증가는 새로운 운동 단위의 동기화 및 동원에 의한다고 생각했다<sup>1-3)</sup>.

또한, 침자극이 내관혈 부위를 직자(直刺)할 경우의 근전 신호 전력스펙트럼은 휴지상태의 전력스펙트럼에 비해 20Hz이내에서 진폭의 증가가 발생하고, 60Hz 주위에서는 진폭의 감소가 있다는 것이 보고되었다<sup>5,6)</sup>.

## 제 2 장 근전 신호와 경락

### 제 1 절 근전 신호의 발생모델

근전 신호는 근육이 수축 또는 이완할 시에 발생하는 전기적인 신호로 운동에 기여하는 많은 다른 운동단위 활동전위(Motor unit action potential)들의 중첩 결과로서 근전 신호가 발생하게 된다.

근육의 전기활동의 합을 계산하기 위하여 근전도 신호를 발생하는데 관여하는 운동단위의 수를 N이라 가정하고, m번째 운동단위의 시작시간을  $t_{mi}$ 라 하면 운동단위에 작용하는 신경 임펄스열은

$$\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t - t_{mi}) \quad (2-1)$$

가 되고, 임펄스열  $U(t)$ 는 다음과 같다.

$$U(t) = \sum_{m=1}^N \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t - t_{mi}) \quad (2-2)$$

그러므로, 근육의 총 전기적활동 과정, 즉 근전도 신호  $X(t)$ 는

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t-v)l(v)dv$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} h(t-v) \sum_{n=1}^N \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \delta(t-t_{ni})dv \quad (2-3)$$

가 된다.

이러한 근전 신호의 크기는 측정부위와 자극정도에 따라 20μV ~ 50mV의 첨두치를 가지며, 근육 수축시에 발생하는 전위변화의 지속시간은 약 5 ~ 10msec, 주파수는 측정부위에 따라 10Hz ~ 2kHz의 범위를 가지며 실질적인 유효 데이터는 500Hz이내의 주파수 영역에 분포한다<sup>8,9)</sup>.

### 제 2 절 경혈과 경락

경혈이라는 것은 12개의 정경맥과 2개의 특별한 기경맥(임맥, 독맥)이 지나는 자리에 각각 일정한 수가 배치되어 있는 '기(氣)의 문(門)'이며, 각 장기(臟器)의 기능상태가 잘 나타나는 곳으로 침구의학(鍼灸醫學)의 고전 의서인 "십사경발휘(十四經發揮)"에 의하면 사람의 몸에는 365개의 경혈과 손과 발에 각각 6개씩의 12지 경락(경혈을 연결하는 선)이 있으며, 경혈에 자극을 가함으로써 관련된 경락의 내부기관의 활성이 변한다.

경혈은 비경혈에 비해 더 낮은 저항과 더 높은 생체전위를 가지고 있으며, 내부기능의 상태에 따라 관련 경락의 경혈 저항이 변하여 신체 좌우대칭으로 높은 경혈 전위점들이 나타난다<sup>10)</sup>. 또한, 압력을 가할 수록 경혈전위는 증가하는데, 이는 국부신경 자극으로 인하거나, 또는 압전특징을 가진 생물학적 구조에 기인할 수도 있다. 그러나 현재로서는 생체전기작용 및 침 메카니즘의 상세한 해석은 밝혀지지 않았다.

## 제 3 장 실험 시스템 구성

### 제 1 절 하드웨어 시스템

하드웨어 시스템은 근육에서 발생하는 근전 신호를 검출하여 A/D 변환부를 거쳐 컴퓨터에 입력시키기 위한 것으로, 동일한 자극에 의해 발생하는 신호를 각기 다른 근육에서 검출하기 위해 같은 특성을 갖는 근전 신호 증폭기를 2개의 채널로 제작하였다.

또한, 자침 시 발생하는 근전 신호는 근육을 수축 또는 이완시켰을 경우 발생하는 근전 신호에 비해 미약하므로 자침에 따른 근전 신호의 변화를 측정하기 위해서는 더욱 높은 이득을 갖는 증폭기가 필요하다.

그림 4.1는 본 연구에서 구현한 하드웨어 시스템의 구성을 나타낸 블럭도이다.

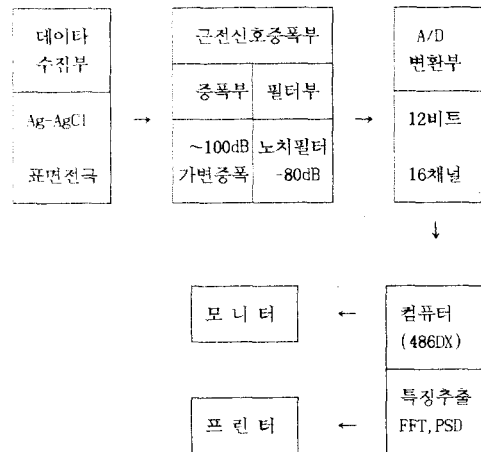


그림 4.1 하드웨어 시스템의 구성

Fig. 4.1 Configuration of hardware system.

#### 1-1. 신호 검출부

본 연구에서는 고통을 주지 않으면서 부착과 제거가 용이한 표면전극을 사용하였으며 위생상 일회용 전극을 사용하였다. 사용한 전극은 전극 젤리가 일체로 형성되어 있는 8mm 하프 셀 포텐셜을 갖는 은-염화은(Ag-AgCl)재질의 일회용 표면전극을 사용하였다.

#### 1-2. 근전 신호 증폭부

본 연구에서 구성한 근전 신호 증폭기는 차동증폭기로 구성되어 2단 증폭을 행하는 전단증폭부와, 1차 증폭부 및 2차 증폭부로 구성되어 100dB 이상의 이득을 얻도록 하였으며, 증폭률은 가변하여 선택적으로 조정할 수 있게 구성하였다. 또한, 동일한 자극에 대해 발생하는 근전 신호를 서로 다른 위치에서 검출하기 위해 같은 특성을 갖는 증폭기를 2개 구성하였다.

#### 1-3. A/D 변환부

아날로그 근전 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 것으로 +5V ~ -5V까지의 입력범위를 각각 -2,000 ~ +2,000까지의 정수치로 변환시켜 컴퓨터에 입력하여 화일로 저장한다. A/D변환기는 12비트, 16채널로 구성되어 있으며, 채널0과 채널1을 통해 2개의 근전 신호 증폭기에서 입력되는 신호를 번갈아 변환한다. 각각의 채널을 통해 디지털 신호는 그 데이터 신호로 변환된 근전 신호는 그 즉시 화면에 출력되며, 출력된 근전 신호는 그 데이터의 크기가 한 화면분(640개)이 될 때 까지 미리 지정한 데이터 화일에 저장된다. 샘플링 주파수와 화일명은 프로그램상에서 입력되며, 샘플주파수의 최대값은 3000이다.

### 제 2 절 소프트웨어 시스템

소프트웨어 시스템은 운영 윈도우 하에서 풀다운, 팝업 메뉴방식으로 운영되며 화일관리부, 데이터베이스부, 환

경설정부 및 도움말로 구성되어 있다. A/D 변환부를 거쳐 인가되는 근전 신호는 데이터 베이스에 저장되며 피검자의 건강상태를 진단하는 진단자료와 특징파라미터를 구하기 위한 자료로 사용하였다. 그림 4.9은 근전 신호 증폭부를 통해 입력되는 근전 신호를 처리하는 소프트웨어 시스템의 구성을 나타낸 블럭도이다.

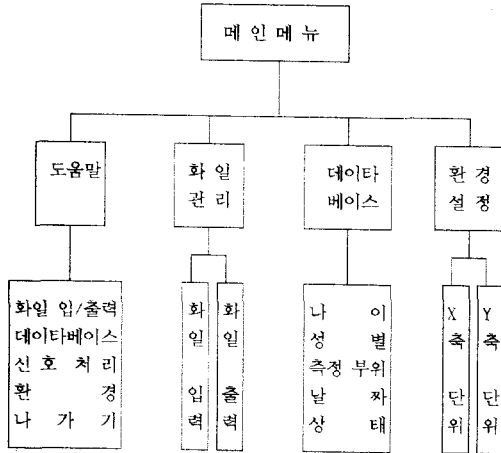


그림 4.9 소프트웨어 시스템의 블럭도  
Fig. 4.9 Block diagram of software system.

2-1. 파일관리부

$$A/D \text{ 변환 데이터} = (A/D \text{ 변환 데이터의 상위바이트} \times 256) + A/D \text{ 변환 데이터의 하위바이트}$$

본 논문에서는 쓰인 A/D칩의 변환 시간은 33μsec이며, 사용자가 임의의 키를 누르게 되면 A/D변환을 종료하게 된다. 화일 출력 루틴은 저장된 데이터를 화면에 표시하기 위한 것으로, 화일명과 데이터의 스킵 단위를 결정하게 된다. 화일 출력은 2개의 근전신호를 동시에 표시하거나 하나씩 확대하여 표시할 수 있도록 구성하였으며, 화면에 표시된 데이터는 화일은 신호처리에 사용된다.

2-2. 데이터베이스부

데이터 베이스부는 나이, 성별, 측정부위, 날짜, 상태등의 루틴으로 구성된다. 이는 피검자의 검진상태를 각각의 항목에 저장하여 피검자 개인에 대한 데이터 베이스를 구축하기 위한 것이다.

2-3. 환경설정부

환경 설정부는 X축 단위루틴과 Y축 단위 루틴으로 구성되며, 화면에 표시 되는 근전 신호의 X축 단위와 Y축 단위를 선택된 값으로 변경시키므로써 표시된 근전 신호를 임의로 확대 시키거나 축소시켜 신호파형의 분석을 용이하게 하기 위한 것이다.

제 4 장 실험

제 1 절 실험방법

팔 안쪽과 손바닥에 1 채널 증폭기와 2 채널 증폭기의 전극을 부착시킨 후, 동일한 경혈점의 자침에 대한 근전 신호의 변화를 고찰하였다.

모든 실험 시스템은 접지시켰으며, 전극은 피검자의 전극 부착 부위를 의료용 알콜로 닦아낸 뒤 부착시켰다. 피검자는 움직임이 없이 안정한 상태를 유지하여 근전 신호가 일정하게 추출되도록 하였으며, 자침에 따라 발생하는 근전 신호는 컴퓨터 모니터와 오실로스코프로 감시하면서 A/D 변환기를 통해 컴퓨터에 입력시켰다. 사용한 침은 스테인레스 재질로 직경은 0.2mm이다. 또한, 자침은 임상전문가가 직접 시술하였다.

실험은 다음과 같이 두가지 방법으로 구분하여 실험하였다.

첫번째 실험방법은 다음과 같다.

① 전극의 부착위치(사진 5-1) - 수월음심포경락

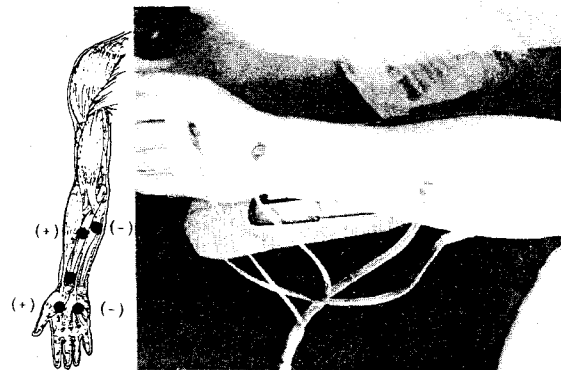
- 1 채널 근전 신호 증폭기  
주 전극(+)전극 : 손바닥의 무지내전근  
부 전극(-)전극 : 손바닥의 단소지굴근

- 2 채널 근전 신호 증폭기  
주 전극(+)전극 : 팔 안쪽의 요측수근굴근  
부 전극(-)전극 : 팔 안쪽의 장장근

- 접지 전극: 제 1 채널 근전 신호 증폭기의 전극과 제 2채널 근전 신호 증폭기의 전극 사이의 요측수근굴근

② 자침 위치 : 내관혈

③ 자침 방법 : 직자법(直刺法)

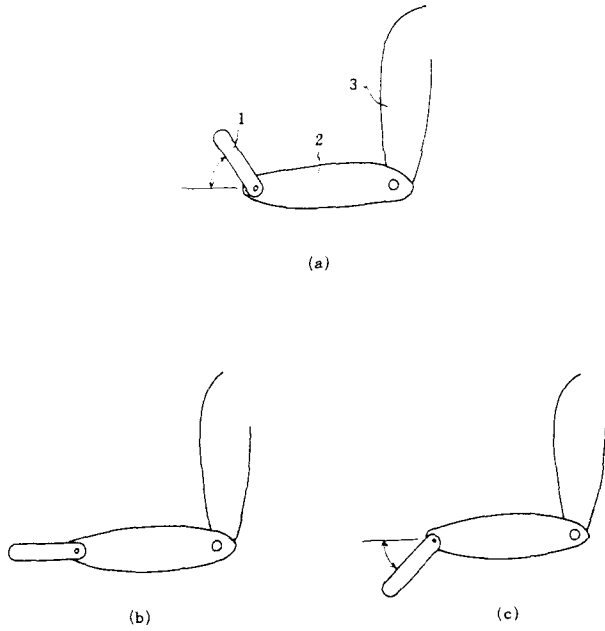


사 진. 5.1 내관혈용 전극의 부착위치

Photo. 5.1 Electrodes position for the measuring.

- ④ 신호 검출 방법 : 피검자가 의자에 편안한 자세로 앉은 상태에서 팔등을 의자의 팔걸이에 밀착시킨 후 손목관절을 이용하여 손바닥을 상향으로 최대한 올렸을 경우와 하향으로 최대한 내렸을 경우 및 수평으로 힘을 주어 뻗었을 경우의 자침 전과 자침 후의 근전 신호의 변화를 검출(그림 5.1).

- ⑤ 신호 기록 시간 : 10초 기록후 10초 휴식.



1. 손 2. 팔뚝 3. 팔꿈치

그림 5.1 신호 검출을 위한 손의 위치  
(a) 상향 (b) 수평 (c) 하향

Fig. 5.1 The hand position for experimentation.  
(a) upward, (b) horizontally,  
(c) downward.

두번째 실험방법은 다음과 같다.

- ① 전극의 부착위치(사진 5.2) - 수소음심경락
  - 1 채널 근전 신호 증폭기
    - 주 전극(+전극) : 손바닥의 무지내전근
    - 부 전극(-전극) : 손바닥의 단소지굴근
  - 2 채널 근전 신호 증폭기
    - 주 전극(+전극) : 팔 안쪽의 요측수근굴근
    - 부 전극(-전극) : 팔 안쪽의 장장근
  - 접지 전극: 손목 부위의 요측수근굴근
- ② 자침 위치 : 영도혈
- ③ 자침 방법 : 연진법
- ④ 신호 검출 방법 : 피검자가 의자에 편안한 자세로 앉아 팔등을 의자의 팔걸이에 밀착시켜 팔과 손의 힘을 뺀 상태에서 자침을 행하고, 침을 시계방향으로 1회전 시켰을 경우와 2회전 시켰을 경우, 그리고 같은 시간 간격을 두고 반시계 방향으로 1회전 시켰을 경우와 2회전 시켰을 경우 발생하는 근전 신호를 검출.
- ⑤ 신호 기록 시간 : 10초 기록 후 10초 휴식.

사진 5.2는 두번째 실험 방법에 있어서 전극의 부착 위치를 나타낸 것이다.

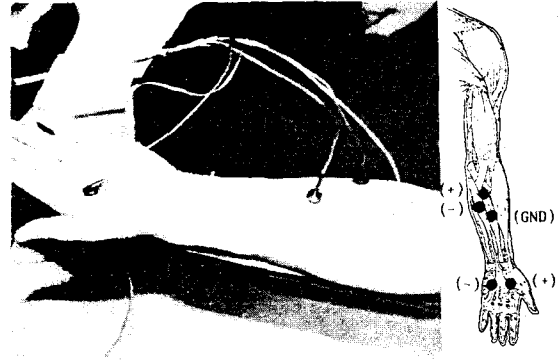


사진 5.2 영도혈용 전극의 부착위치  
Photo.5.2 Electrodes position for the measuring.

### 제 2 절 근전 신호의 처리

근전 신호는 피부조직과 같은 요소의 저역 필터링 특성으로 인하여 10Hz ~ 500Hz의 저주파 대역에서 대부분의 정보를 함축하고 있는 랜덤한 신호이다. 전력 스펙트럼은 시간영역의 데이터값을 주파수 영역으로 변환하는 이산 푸리에 변환(DFT)을 사용하여 구하며, 본 논문에서는 고속 푸리에 변환(FFT) 알고리즘을 사용하였다.

한 프레임(Frame)의 길이는 256으로 하였으며 프레임 중첩(Frame overlap)은 128로 하였다. 또한, FFT의 차수는 8로 하였으며, 창 함수는 해밍 창 함수를 사용하였다.

### 제 3 절 실험결과 및 고찰

#### 3-1 실험결과

##### 1) 첫번째 실험방법에 대한 결과

손목에 힘을 주지 않은 자연스러운 상태에서 자침을 행하였을 시의 근전 신호 변화는 그림 5.2과 같다.

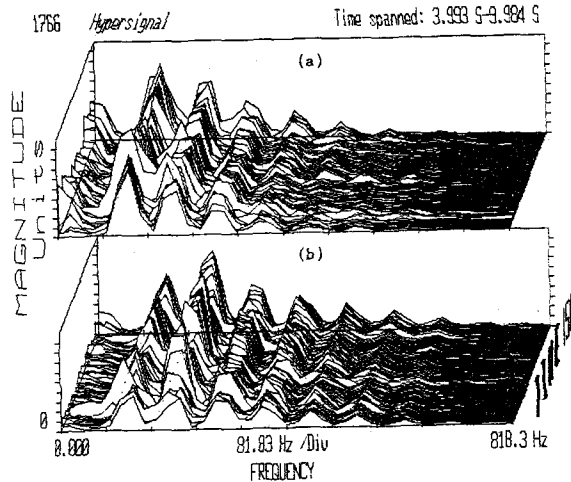


그림 5.2 내관혈 자침 시 근전 신호의 변화  
(a) 손바닥에서 검출되는 근전 신호  
(b) 팔에서 검출되는 근전 신호

Fig.5.2 The variation of EMG signal when be acupunctured.

- (a) The detected EMG signal in the hand.
- (b) The detected EMG signal in the arm.

표 5.1은 첫번째 실험방법에 의해 손바닥의 무지내전근과 단소지굴근 및 팔의 요측수근굴근과 장장근에서 검출되는 근전 신호의 변화를 나타낸 것이다.

표 5.1 수침을 심포경락상의 내관혈에 자침 전후의 근전신호의 변화

Table 5.1 The variation of EMG signal when be acupunctured.

방향	부위	자 침 전		자 침 후		비 고
		1회	2회	1회	2회	
하향	손바닥	21.5	150.7	21.5	193.8	64,150,215 부근의 감소 193,258 증가
		215.4	366.1	258.4	366.1	
	팔	21.5	129.2	21.5	129.2	
		215.4	280.0	215.4	280.0	
수평	손바닥	21.5	129.2	21.5	129.2	21, 280대 부근의 감소 193대 증가 변화가 거의 없음
		280.0	193.8	215.4	215.4	
	팔	21.5	129.2	21.5	129.2	
		215.4	280.0	215.4	280.0	
상향	손바닥	21.5	150.7	21.5	129.2	21, 43 감소 129, 215, 366 주파수 증가 129, 150 감소 129, 280, 366 증가
		280.0	215.4	215.4	366.1	
	팔	21.5	129.2	21.5	129.2	
		193.8	215.4	280.0	366.1	

2) 두번째 실험방법에 대한 결과

영도혈에 자침을 행한 후 침을 시계 방향으로 1회전시켰을 경우 무지내전근과 단소지굴근 및 요측수근굴근과 장장근에서 발생하는 근전 신호의 변화는 그림 5.3과 같다.

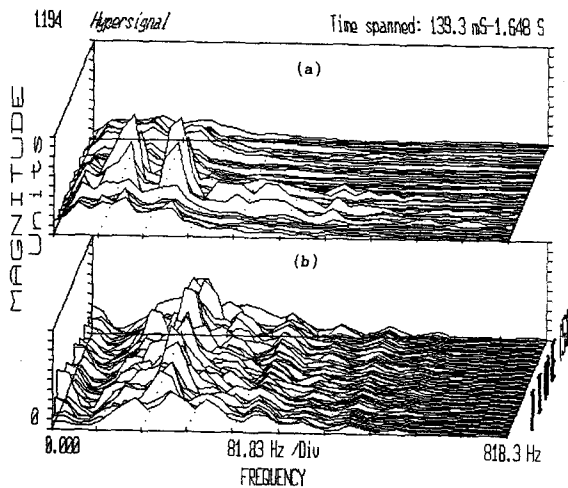


그림 5.3 영도혈 자극후 회전 시 근전 신호의 변화  
(a) 손바닥에서 검출되는 근전 신호  
(b) 팔에서 검출되는 근전 신호

Fig.5.3 The variation of EMG signal when be rotated.

- (a) The detected EMG signal in the hand.
- (b) The detected EMG signal in the arm.

표 5.2 영도혈 회전 전후의 근전 신호의 변화

Table 5.2 The variation of EMG signal when be rotated.

[단위: Hz]

방향	부위	1 회 전 시		2 회 전 시		비 고
		회 전 전	회 전 후	회 전 전	회 전 후	
시계	손바닥	43.1	43.1	43.1	43.1	자침을 한 상태에서 침을 좌 또는 우로 회전시켰을 경우, 좌회전이나 우회전에 따른 변화의 폭은 큰차이를 나타내며, 특히 회전에 따른 변화만이 관찰된다.
		129.2	86.1	129.2	86.1	
	팔	129.2	21.5	129.2	21.5	
		215.4	129.2	215.4	129.2	
반시계	손바닥	280.0	280.0	280.0	280.0	
		366.1	323.0	366.1	323.0	
	팔	129.2	21.5	129.2	21.5	
		215.4	215.4	215.4	129.2	
방향	손바닥	280.0	280.0	280.0	280.0	
		366.1	452.2	366.1	366.1	
	팔	280.0	366.1	280.0	280.0	
		366.1	452.2	366.1	452.2	

제 5 장 결 론

본 연구에서 경락에 따른 자침과 근전 신호의 변화를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 동일부위의 동일 경락을 사용하여, 자침시 발생하는 근전 신호의 변화는 자극방법 및 자극위치에 따라 상이하게 차이가 난다. 직자(直刺)일 경우에는 근육의 움직임에 특징 짓는 주파수 성분에 대한 변이가 발생하나, 연전법의 자극일 경우에는 특성 주파수 성분의 변화없이 에너지만 크게 변화하였다.
- 2) 동일한 자극을 다른 경락이 있는 근육에 주었을 때, 근육에서 발생하는 근전 신호의 변화는 동일하지 않았다. 즉, 자침에 의한 근전 신호의 변화는 위치나 자극방법 보다는 근육에 따라 다른 형태의 특성을 보이고 있으므로 경락별로 특성을 실험적으로 결정하여야 한다.

참고문헌

- 1) Mills, K.R. "Power spectral analysis of electromyogram and compound muscle action potential during muscle fatigue and recovery", J. Physiol(Lond). Vol. 326, pp.401-409, 1982.
- 2) Kadefors, R., Magnusson, R., Nilsson, N. J., and Petersen, I. "Effects of ischemia on the myoelectric signal spectrum". Acta Physiol. Scand. p.71, 1972.
- 3) Goodgold, J. "Electrodiagnosis of neuromuscular diseases." The Williams & Wilkins Company. p. 71. 1972.
- 4) 박영배, 이봉교 "수지법에 의한 근전도의 전력스펙트럼관찰" 대한한의학회지 제 6권 제 2호, pp.37-44,
- 5) 박영배, 강성길, 안겸철 "침자극 효과의 근전도 전력 스펙트럼 관찰" 경희대학교 한의과대학 침구학회실
- 6) Blake Hannaford and Steven Lehman "Short Time Fourier Analysis of the Electromyogram: Fast Movements and Constant Contraction" IEEE Trans. Biomed. Eng., Vol. BME-33, No.12, December 1986.
- 7) L.R.Rabiner & R.W.Schafer. "Digital Processing of Speech Signals" Prentice-Hall, Inc.
- 8) 오정희, 이재학, 박찬의 "전기치료학" 도서출판 대학서림 pp.59-101, 1983.
- 9) YOSHIKI YAMADA, JEFFREY L. ASH, GEORGE M. ASH, & MAJOR M. ASH, JR. "A Measuring System for EMG Silent Period Using a Microcomputer" IEEE Trans. Biomed. Eng., Vol. BME-29, No. 11, November 1982.
- 10) 송훈상 "레이저 빔에 의한 경혈 및 비경혈의 전위 변동에 관한 연구" 경희대학교 대학원 석사논문 1985.