

논문 2005-42TE-3-1

## 24 채널 경락 전위 측정 시스템 개발에 관한 연구

( A Study of the Development of 24ch. Meridian Electric - Potential Measuring System )

이 우 철\*, 사공 석진\*\*

( Woo-Cheol Lee and Sug-Chin Sakong )

### 요 약

개발된 24 채널 경락 전위측정 시스템의 구성은 마이컴 제어부, 생체신호 아날로그 증폭부, 인터페이스부, 전원장치, personal computer 등이다. 사용자 인터페이스 프로그램은 이용자를 편리하게 구성하였으며, 측정의 편리성으로 calibration 기능 및 자료의 저장과 검색 기능을 하게 하였다. 경락 전위를 측정하기 위한 프로그램을 구성하여 제어 할 수 있게 하였다. 측정된 생체 전기 신호 자료의 분석을 통하여 각각의 위치에 대한 전위의 상호 분포를 비교하여 결과를 체계적으로 나타낼 수 있게 프로그램 처리 하였다. 다양한 종류의 측정 조건을 변화 할 수 있게 구성하여 경락 전위를 측정을 위한 이용자에게 유리한 측정 환경이 되게 하였다.

### Abstract

The 24 channel meridian electric-potential measuring System consists of a main cpu module, bio-signal analog module, interface module, power module, personal computer. The graphic user interface program conveniently allows user to setup, calibrate, measure, store, and control the meridian electric-potential measuring system. This system and program will continually be evolved using a database of clinically correlated meridian electric-potential. A variety of system configurations gives it the ability to make a user-favorable environment for measuring.

**Keywords :** Electric-potential, Measuring System, Meridian, Bioelectric signals

### I. 서 론

경락이론은 한의학 이론의 두 가지 핵심이론인 약물이론과 침구이론 중 침구이론에서의 기(氣)이론의 가장 핵심이 되는 이론이다. 이 이론에 따르면, 경락은 인체

기혈(氣血)의 통로로서 인체를 종(縱)으로 연결하는 경맥(經脈)과 경맥에서 분기하여 인체를 횡(橫)으로 연결하는 낙맥(絡脈)으로 구성된다. 이러한 경락은 인체에 대칭적으로 분포되어 있고, 인체의 내부와 외부를 연결하는 연락조직인 경혈점이 결합된 기능성 네트워크 시스템이다. 따라서 인체 외부 자극을 수용하고 인체 내부 상태를 외부로 드러내는 중간에 존재하기 때문에 경락은 한의학을 서양의학과 구별짓는 특징 중 핵심이라고 할 수 있다<sup>[1]~[3]</sup>.

경혈 및 경맥을 포함하는 경락에 대한 과학적인 연구는 1950년대부터 본격적으로 이루어지게 되었다. 이러한 연구 중에서 특히 전기적 특성을 통한 연구들을 살펴보면, Niboyet 등은 피부저항측정법을 이용하여 경혈

\* 서울보건대학 의료공학과,  
(Department of Biomedical Engineering, Seoul Health College)

\*\* 국민대학교 전자공학과  
(Professor, School of Electrical Engineering, Kookmin University)

※ This study was supported by the Korean Ministry of health and Welfare Grant No. 0405-0100-815-0001.

접수일자: 2005년4월12일, 수정완료일: 2005년9월12일

의 저항이 주위의 저항보다 낮다는 것을 발견하였고, Overhof와 Maresch는 비경혈점에 비하여 경혈점에서의 저항값들이 낮음을 증명하였으며, Kellner는 경혈점에서의 형태적인 변화의 하나로 감각신경 말단부위의 수가 주변부위보다 많이 분포한다는 것을 밝혀냄으로써 두 부위간 기능적인 차이가 존재한다는 것을 밝혀냈다. 이와 같이 기존 연구 결과를 종합해보면 경혈점에서의 저항은 비경혈점보다 저저항점인 전기적 특성을 지니고 있다. 또한, G. Cantoni 등은 정상인 피부의 생물전위를 측정하여 침구경락이론과의 관련성에 대하여 연구하였고, Matsumoto 등은 정상인과 환자의 피부전위를 측정하여 경혈 전위의 변화와 질병과의 상관성을 보고하였지만 연구에 따라서 경혈의 전위측정 결과들이 일치하지 않고 있다.<sup>[4]~[10]</sup>

현재 사용되고 있는 의료장비를 중심으로 경락을 연구하는 경우로는, 일본에서 개발되어 현재 의료보험에 적용되는 양도락, 각 장기의 상태를 파악할 수 있는 측정점을 설정하여 측정한 측정치를 가지고 생체기능을 진단하는 EAV를 중심으로 한 연구 등이 있다. 그러나 이 장비들은 모두 외부에서 일정한 전기적인 자극을 주어 진단에 활용하는 장비이며 경락시스템의 전체적인 작동원리에 대해 연구한 결과로서 개발된 장비가 아니고 임상에서 먼저 개발되어 각 장기에 대한 반응점을 연구한 결과로서 개발된 장비이므로 생체물리학적 관점에서 경락 시스템의 전체적 특성을 파악하는데 한계점을 지니고 있다.

본 연구에서는 앞에서 언급하였던 지금까지 나타난 경락의 연구의 한계점인 제한적이고 단편적인 경락, 경맥, 경혈 등의 특성 증명과, 기존 장비활용을 통한 연구의 경락 시스템의 생리적 기전에 대한 증명 부적합 등을 극복하여 경락 시스템을 전체적으로 생체물리학적 특성을 파악하여 경락이론에 부합하도록 하는데 그 기본적인 목적이 있다. 이를 기반으로 인체에서의 경락 및 경락의 기능을 생체물리학적 요소 중 하나인 전위치를 과학적 방법으로 측정하고자 생체전위인 경락 전위 측정 시스템의 개발하여 경락 전위치 특성을 진단지표와 치료 평가지표로 활용하려는데 목적을 두고 있다. 따라서 12 경맥의 정혈과 합혈인 24개의 경혈점으로부터 동시에 전위를 측정할 수 있는 경락전위 측정 장비를 제작하였다. 또한 전기적인 자극을 주지 않고도 전위를 측정할 수 있도록 함으로써 실험 대상자에 대한 전기적인 안전성을 확보하고자 하며, 생체전위 측정에 대한 정확도를 높이고자 한다.

## II. 경락 전위 측정 시스템

### 1. 경락 전위 측정의 이론적 배경

생체 신호란 관찰하고자 하는 생체의 기관으로부터 얻어진 신호를 말한다. 생체신호 상의 경락특성이 밝혀진다면 이에 부합하는 타당한 경락의 전위 측정 방법을 결정할 수 있을 것이다. 그러나 현재까지 연구된 경락의 전기적 특성은 경혈이 저저항, 고전위를 갖는다는 것과 이런 저저항 고전위 점들이 고전 경락 이론과 매우 유사하게 나타난다는 결과뿐이다. 또한 기존연구를 보면, 측정방법에 따라 측정치는 상당히 많은 차이가 있음을 알 수 있다.<sup>[11]</sup>

본 연구에서는 모든 신호들이 측정한 것이 아니라 DC-1Hz 필터 조건을 통해 0.01Hz- 1Hz대역의 신호들을 측정하였다. 또한 측정 전압 범위는 정상인의 경우 DC 0~수십mV를 나타날 것으로 가정하고, 측정전극은 cup disk electrode를 사용하였다. 그러므로 이러한 측정환경에서 볼 때, 본 연구에서 경락전위라고 측정된 신호의 근원은 EMG, ECG중의 표피EMG의 smooth muscle, ECG, EMG에 기인한다고 볼 수 있다.<sup>[12]</sup>

따라서 경락전위의 측정신호는 주로 ECG와 SEMG들의 smooth muscle에 기인한 것으로 볼 수 있다. 즉, 경락 측정 전위는 주로 ECG와 SEMG중 smooth muscle에서 영향을 받는다고 예측되기에 특별한 전기 자극없이 인체 경락에서 발생되는 자연발생적인 전위를 측정하고자 하였으며, 다른 전압원으로 부터도 크고 작은 영향을 받으면서 또한 경락 전위특성에 반영된 결과라고 할 수 있다.<sup>[16]~[22]</sup> 그러므로 본 경락 전위 측정치는 경락이 전압원이 아니라 다른 여러 생체 장기특성에서 별도의 자극없이 자연 발생되는 전압원으로써 나오는 생체 전기를 경락을 통해 반영된 복합적인 경락 전위를 측정하고자 하였다.

### 2. 24채널 경락 전위 측정 시스템 개발

#### 가. 전제 시스템 구성

12경락의 정혈과 합혈에서 측정되는 전기적 특성 중 하나인 경락 전위는 인체의 생리적, 병리적 상태를 나타내므로, 이를 정확히 측정하고, 또한 이 측정값들을 통해 인체의 생리적 혹은 병리적 상태를 평가하기 위해서는 12개의 정혈과 12개의 합혈(전체 24 경혈)에서 동시에 전위가 측정될 필요가 있다. 24 채널을 동시에 측정하기 위한 경락 전위 측정 시스템의 전체 구성도는

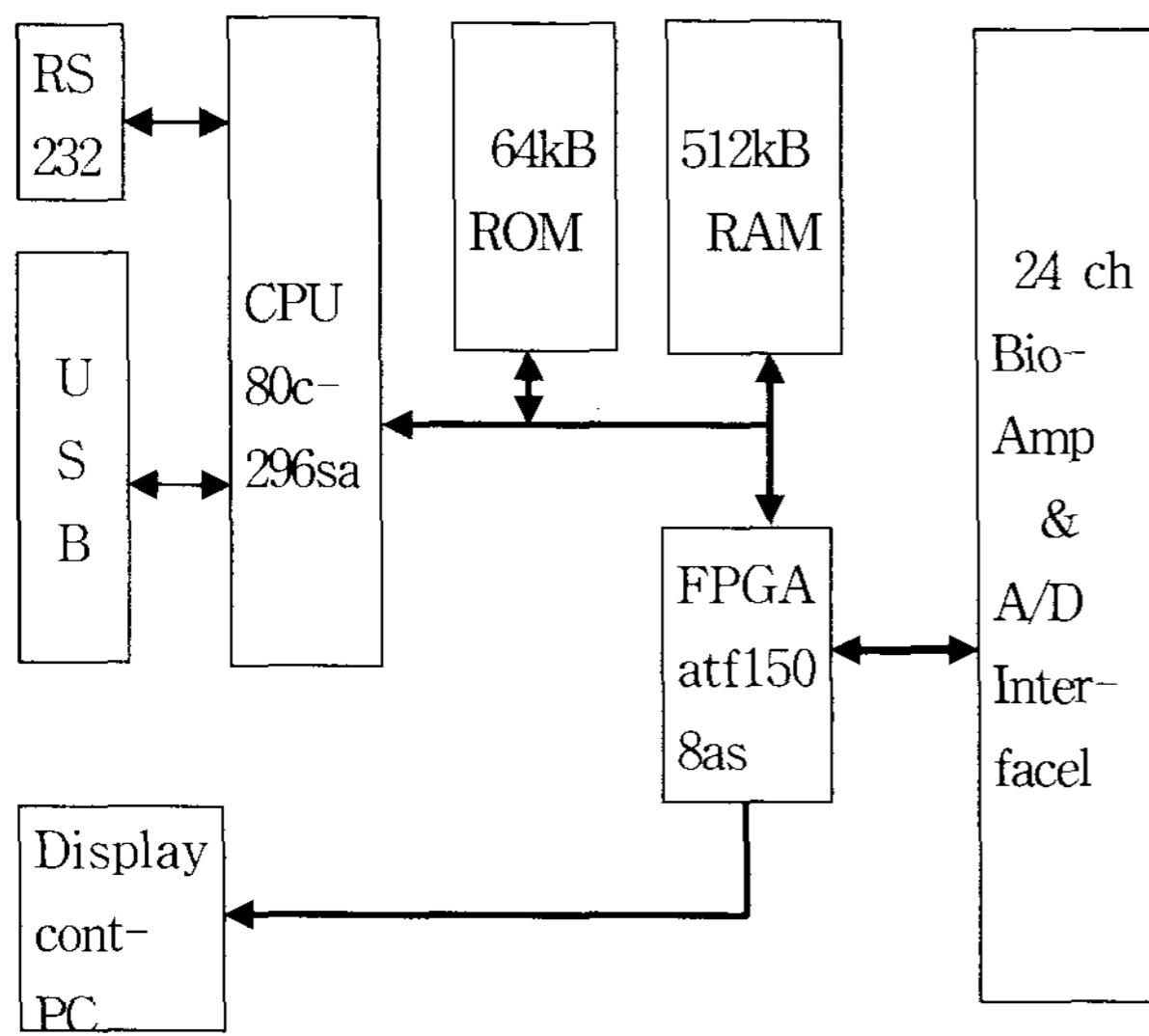


그림 1. 24채널 경락 전위 측정 시스템 구성도

Fig. 1. The configuration 24ch. meridian electric-potential of measuring system.

다음의 그림 1과 같다.

#### 나. Analog 신호처리부

입력된 경락 전위 신호는 초단 증폭부로 버부라운사의 IC PGA202를 통해 10배로 증폭하였으며, 그 출력은 B-B사의 PGA204에 입력된다. PGA202는 analog 신호를 프로그래밍에 의해 증폭비를 10배, 100배, 1000배, 10,000배로 가변 할 수 있게 설계 제작하였다.

경락 전위의 정확한 측정하기 위해 직류 차동전위를 측정할 수 있도록 하였고, 이득과 주파수를 가변할 수 있으며, Bio-amp를 24채널로 설계 제작하였다.

이 신호는 환자의 안전을 위하여 전원과 isolation되어야 하므로 isolation OP-AMP인 ISO124를 통하여 신호 분리된 신호로 6채널 AD converter에 전달된다. 또한 디지털 전원과 완전분리하기 위하여 DC-DC converter를 사용하여 환자의 안전을 최대한 고려한 경락 전위 신호 검출기로 설계하였다. 그리고 내부 Calibration 기능을 내장하여 Calibration 신호 0mV, 1mV, 2mV의 미소 전압에 대해 신호 증폭 및 장비의 특성을 체크할 수 있게 설계 제작하였다. 대부분의 측정 장소에서 장비는 60Hz 전원신호의 간섭을 받고 있으며 인체 또한 이러한 60Hz 전원신호 간섭에 의해 인체에 잡음 전위가 발생하며 이 전위로 인해 생체신호에 간섭이 생긴다. 이러한 간섭을 최소화하기 위해 공통 리드 단자에 드라이브 회로를 구성하였다.

아나로그 회로 설계는 각Channel의 신호 처리 회로로서 입력 모드, 증폭, 필터 등을 하는 기능을 한다.

입력 모드는 3가지를 조절 할 수 있게 하였다. DC/AC 신호, Calibration 신호를 선택 조절한다. 그리고 각 채널마다 1~100000배까지 신호를 증폭 할 수 있으며 고주파 Noise를 제거하기 위해 off~ 10khz의 4단 Lowpass filter를 적용 하였다. AC/DC coupling할 수 있게 하였으며 AC 신호도 0.01~100hz까지 highpass filtering을 할 수 있게 하였다. 60hz 전원 신호를 제거하기 위해 Q factor를 가변할 수 있는 band rejection filter를 사용하였다. 그리고 프로그램으로 analog 신호를 제어할 수 있게 설계 제작하였다.

#### 다. A/D Interface 부

4채널 A/D IC인 16bit ADS8364 6개를 사용하여 24채널을 동시에 처리할 수 있게 하였으며 (16 resolution, 최대 1kSps), 그림 1에서 보는 바와 같이 병렬 A/D 방식으로 구성하여 신호를 고속처리 할 수 있게 설계 제작하였다. 전원 분리된 A/D Converter인 ads8342를 사용하였다. ads8342는 아날로그 신호를 250ksps의 변환 속도로 디지털 데이터로 변환해준다. 그리고 아날로그 제어신호를 만들기 위해 CPLD인 ATF1508as를 사용하였다. 이 방식으로 각 채널을 각각 제어할 수 있게 되었고 기존보다 더 다양하게 제어 할 수 있게 하였다. 그리고 이런 제어신호를 디지털 보드에서 시리얼 동기 통신으로 전달 받는다. 그리고 60Hz 전원의 간섭을 제거하기 위해 아날로그 전원은 분리된 전원을 사용하였다. 하나의 아날로그 보드는 4 채널씩을 처리할 수 있는 모듈 형태로 설계 제작하였다.

#### 라. MICOM부 및 USB 통신부

마이크로 컴퓨터 칩으로는 고속 입출력 제어용인 16bit 80c296 CPU 사용하였으며 설계 구성을 하였으며, 주변 기억소자로 RAM은 k6r10161c 이용하였고, flash ROM은 at29f040 IC를 사용하여 그림 2와 같이 제어 설계하여 그림 3에 실제 제작 경락시스템을 나타내었다.

USB Interface를 위해 SL811s USB chipset을 사용하여 USB 1.1을 지원하는 설계하였으며, USB를 통해 PC 상에서 증폭도, 패스밴드, driver 회로들을 제어할 수 있게 설계하였다. 제어 소프트웨어는 USB 통신과 데이터 샘플링 및 아날로그 제어를 위에 기본 Firmware를 작성하였으며, 그래픽 Monitoring을 하기 위해 소프트웨어를 작성하였다.

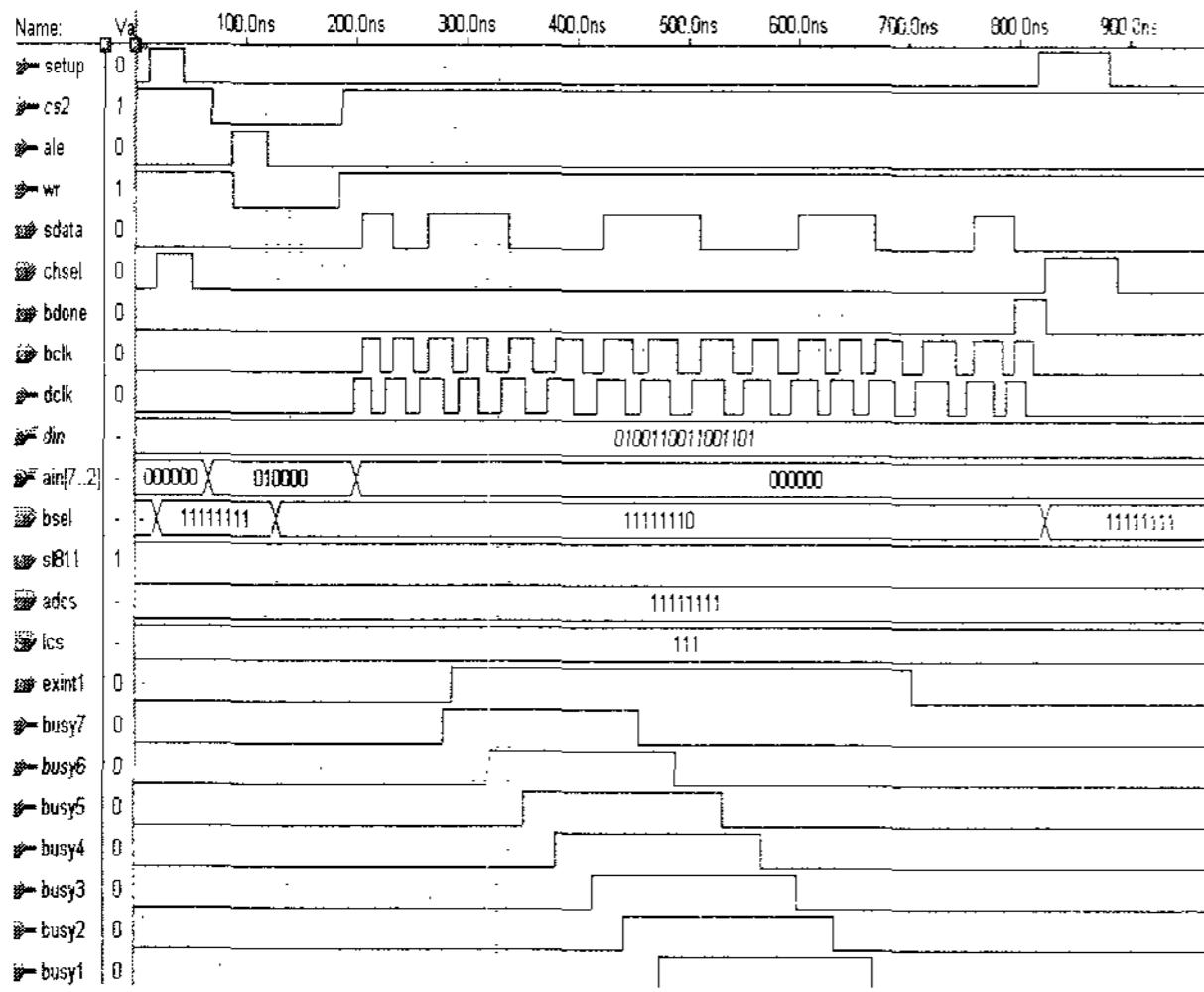


그림 2. Main cpu-board 의 제어도  
Fig. 2. Timing control of main cpu-board.

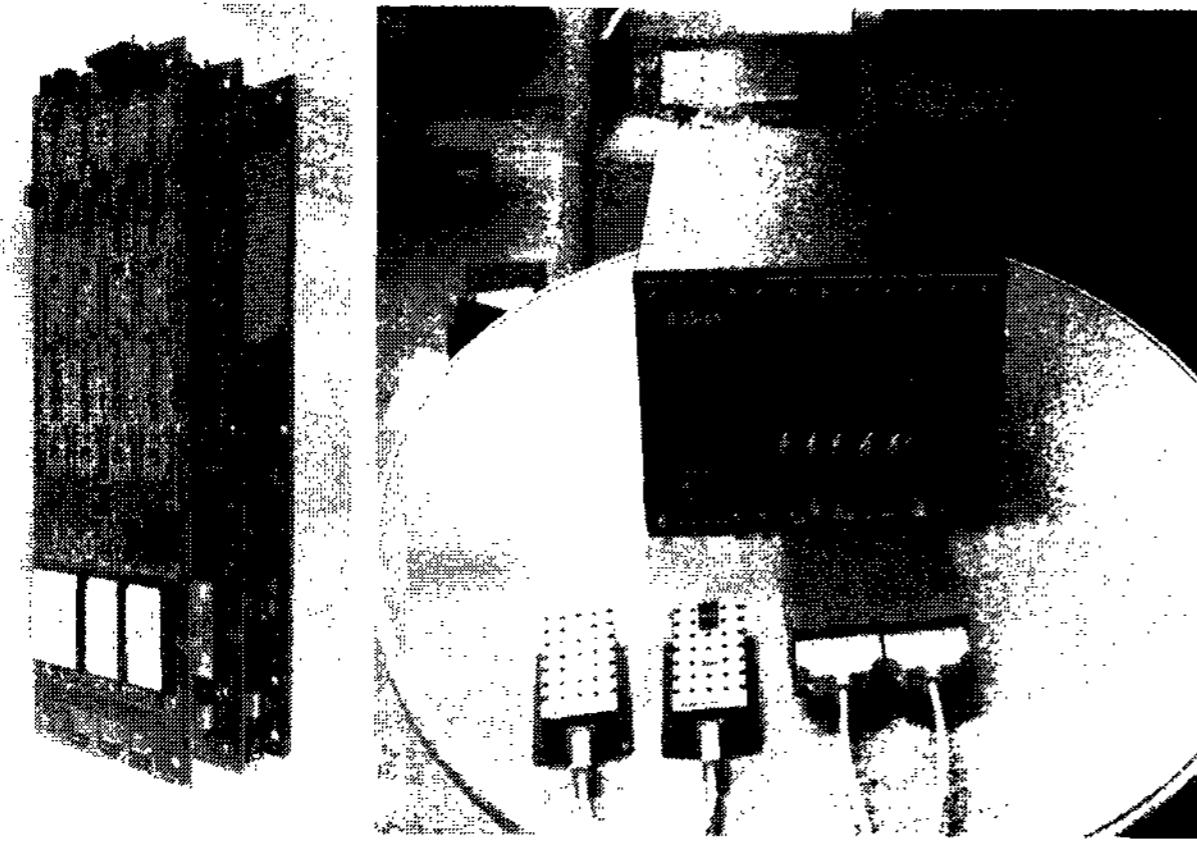


그림 3. 실제 제작된 PCB 및 경락시스템  
Fig. 3. The appearance of PCB and meridian system.

### III. 실험 결과

#### 1. 모의 측정 실험 결과

본 연구를 위해 설계 제작한 경락전위측정시스템의 성능 평가를 위해서 경락 전위와 유사한 생체 신호인 심전도 모의신호 발생기 와 신호파형발생기를 이용하여 모의 신호를 입력에 인가하여 제작 장치의 계측의 결과로 출력 파형 상태를 그림 4, 그림 5, 그림 6, 에 나타내어 개발 제작된 장치의 생체 전위 측정의 우수한 성능을 확인하였다. 제작된 시스템의 성능 측정 실험을 위하여 신호발생기와 심전도 모의신호 발생기를 이용하여 모의 신호를 일부 8채널에 대해 사인파와 삼각파를 동시에 입력신호를 인가하여 출력파형을 측정하였고, 측정 조건으로는 필터설정은 0.01Hz-100Hz, 이득은 10배 -10,000배, O/S는 windows XP 환경에서 제작된 모니터프로그램을 운용하였다. 측정 실험 결과로 아래의 그

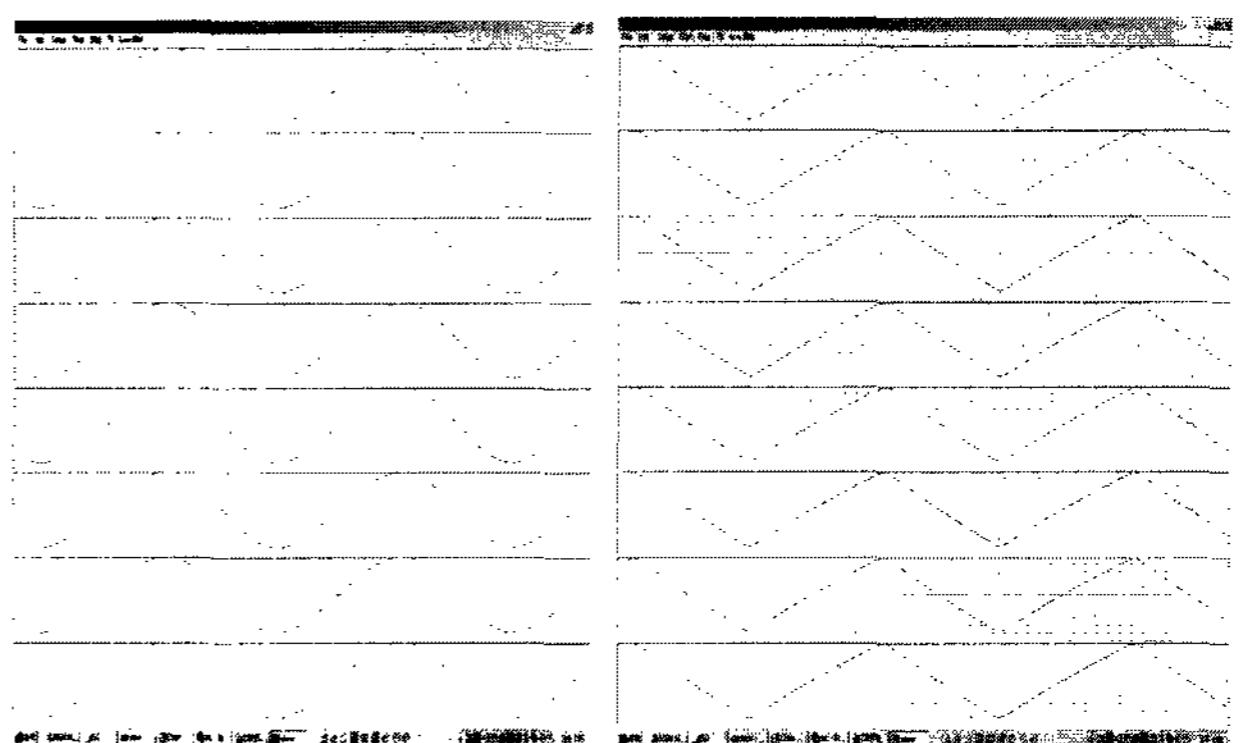


그림 4. 입력신호 측정 결과  
Fig. 4. Result of measurement input signal.

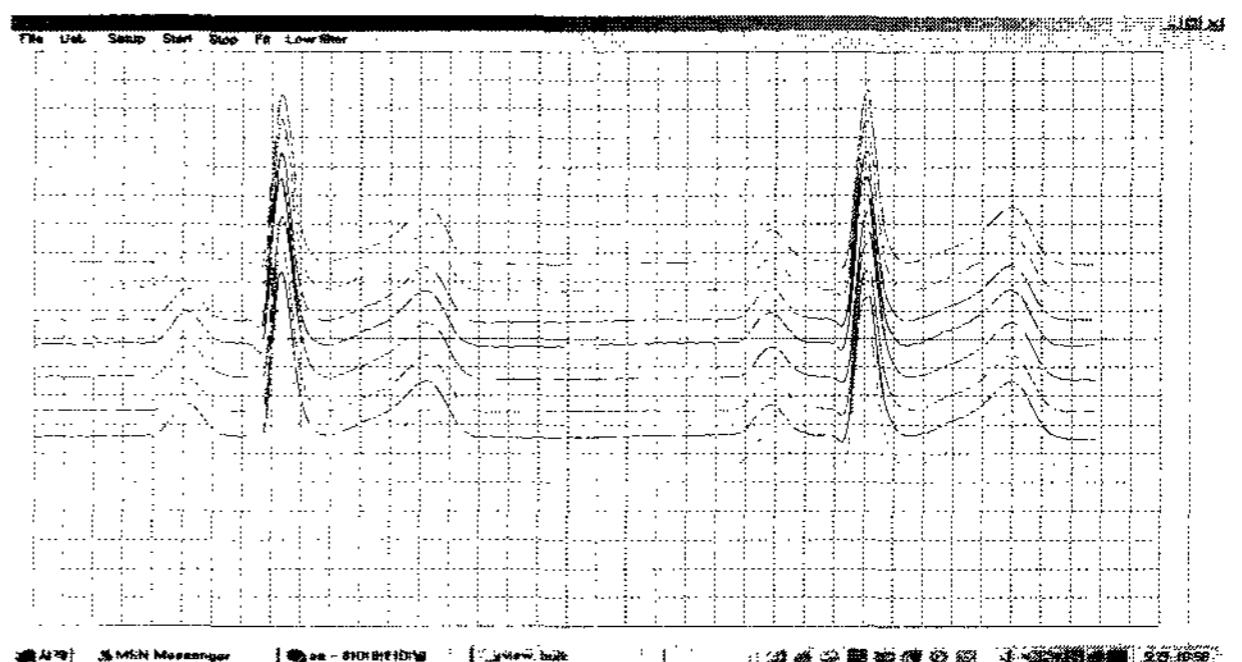


그림 5. 심전도 모의장치로 측정 결과  
Fig. 5. Result of measurement ECG simulator.

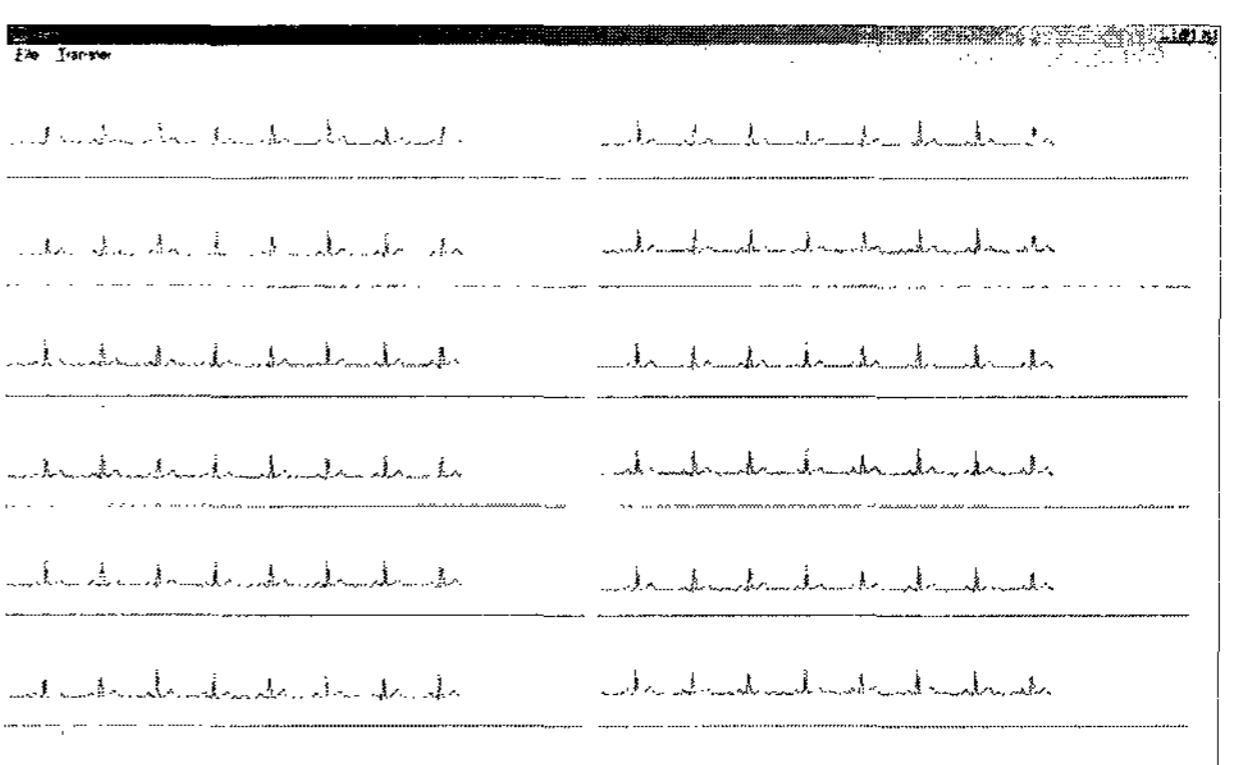


그림 6. 인체의 심전도 측정 결과  
Fig. 6. Result of measurement ECG human.

림 7, 그림 8과 같이 결과를 나타내었다.

24 채널 경락 전위 측정 시스템 성능 평가를 위한 또 다른 방법으로 경락 전위와 유사한 것으로 보이는 실제 인체를 대상으로 간접의 방법 입증하고자, 생체전위인 심전도를 측정하여 연구 개발된 경락전위측정시스템의 성능이 양호한 결과를 그림 6에 나타내었다.

#### 2. 경락 전위 측정 실험 결과

기존 연구에서는 외부로부터 미약한 전기적 자극을 생체에 흘려주고 경혈에서 이들 자극을 탐지하였으나,

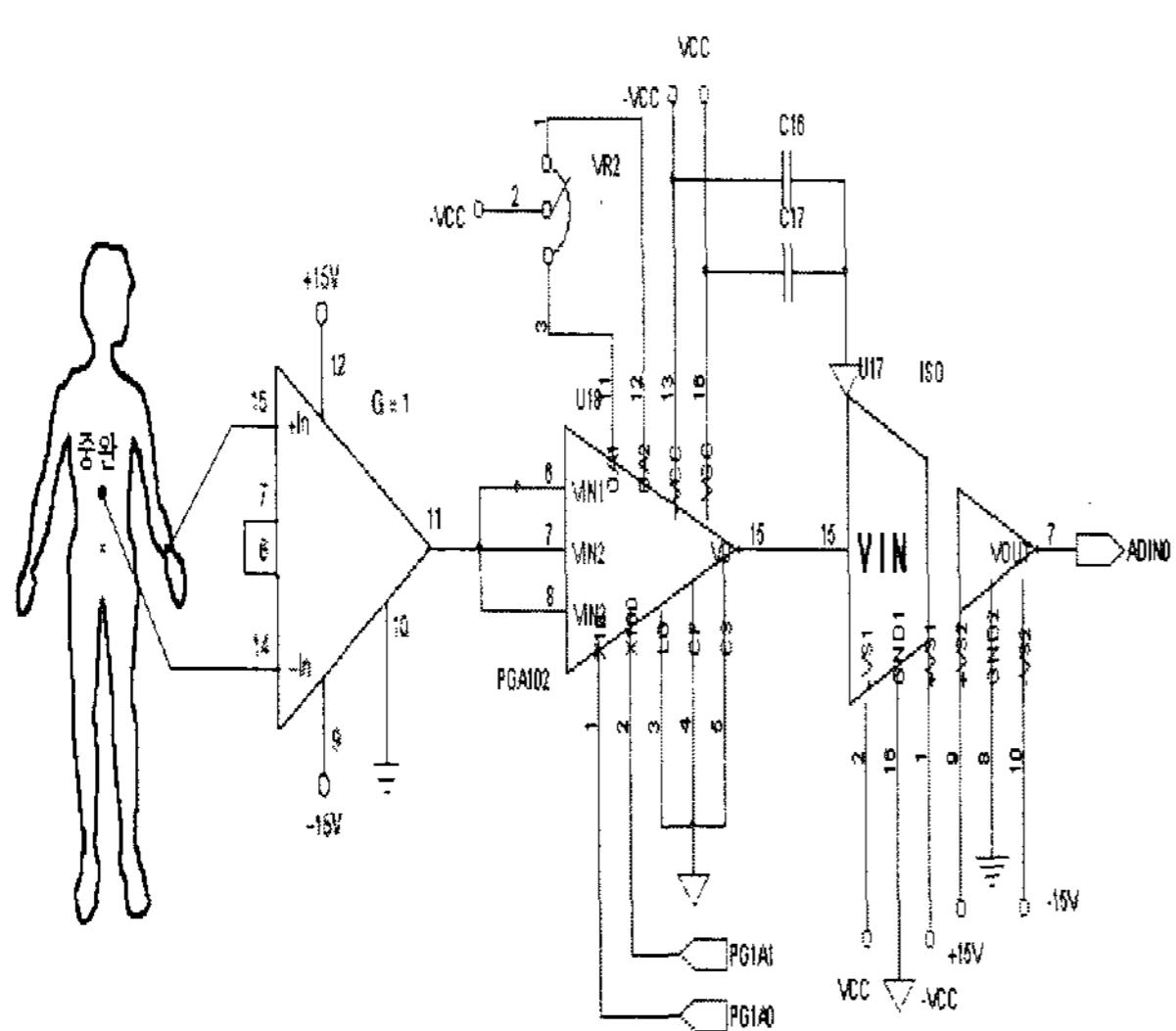


그림 7. 경락 전위 측정 증폭회로

Fig. 7. Amplifier circuit of mesument meridian potential.

표 1. 24채널 경락 전위 측정 결과

Table 1. Result of measurement 24ch meridian potential.

좌수 : 정혈+합혈 (mV)

측정 위치	회	수태음폐	수양명대장	수소음실	수태양대장
		+척택-소상	+곡지-상양	+소해-소총	+소해-소택
ch 1-4	1	-59.7~-54.1	-116.5~-116.5	42.6~ 48.9	-82.3~-78.9
	2	-33.9~-29.5	-99.4~-96.0	80.3~ 89.8	-65.1~-61.7
	3	-48.7~-40.3	-96.0~-92.6	123.5~ 138.9	-58.3~-51.5
ch 5-8	1	-0.4~-4.1	-109.7~-109.7	164.7~ 168.1	-44.6~-41.1
	2	-9.5~-6.0	-120.0~-116.6	166.0~ 170.3	-34.3~-27.4
	3	-4.3~-1.6	-123.5~-120.0	172.9~ 175.4	-13.7~-10.3
ch 9-12	1	-13.5~-10.4	-140.6~-140.0	165.1~ 168.2	-17.1~-6.9
	2	-19.7~-17.3	-147.5~-147.4	166.4~ 168.2	-3.42~-0.1
	3	-13.3~-8.9	-144.0~-140.6	169.7~ 173.6	13.7~ 17.2

좌측 : 정혈+합혈 (mV)

측정 위치	회	족양명위경	족태음비경	족태음방광경	족소음신경
		+족삼리-여태	+음릉천-은백	+위중-지음	+음곡-용천
ch 12-15	1	-22.0~-13.0	-68.6~-54.9	49.5~ 54.9	-44.6~-30.8
	2	-12.9~-4.9	-48.0~-37.7	73.4~ 70.5	-20.6~-17.2
	3	-10.4~-10.6	-34.3~-30.9	81.3~ 63.8	-20.6~-24.0
ch 16-19	1	-35.2~-31.5	-54.9~-51.4	107.9~ 109.9	-99.4~89.1
	2	-41.5~-34.5	-54.9~-51.4	112.0~ 115.5	-92.6~85.7
	3	-38.0~-31.7	-54.9~-51.4	118.1~ 117.3	-89.2~85.7
ch 20-24	1	-37.9~-31.6	-51.4~-44.6	134.4~ 142.4	-72.0~61.7
	2	-32.5~-31.5	-41.1~-41.1	156.7~ 158.5	-75.4~72.0
	3	-25.3~-22.1	-44.6~-37.7	155.6~ 160.3	-89.2~82.0

본 연구 실험에서는 생체에 별도의 자극을 가하지 않은 상태에서 생체가 지니고 있는 고유의 경락 전위를 측정하였다. 중완혈을 기준혈로 삼고, 각 경락의 위치에서 전위를 측정하고자, 각 채널의 공통 기준전극선 24개를 공통으로 연결한다. 공통의 기준전극을 중완에 부착하였다. 경혈 각각의 12 채널의 정혈(井穴)에 +, - 전극을 부착하고, 또 12개의 합혈(合穴)에 +, - 전극을 부착하여 총 49개의 전극을 부착하고 12 경락 경로선상의 상부와 하부의 24 채널 경락 전위를 그림 7과 같이 동시에 측정하여 표1에 측정 결과를 나타내었다.

#### IV. 결 론

고전 경락이론 중 기혈을 운반하는 작용, 인체 내외를 연결하는 작용, 인체기능의 상대적 평형을 조절하는 작용 등 중요한 경락의 생리기능을 기준으로 경락 전체를 하나의 시스템으로 인식하는 측정방법이 필요하다고 보고하였는데 이러한 경락 연구에 대한 접근법이야말로 기존 연구에 채택된 단편적이고 부분적인 경락 혹은 경혈(점)에 대한 연구가 아닌 한의학의 특징 중의 하나인 전체적이고 통일적인 시각으로 바라볼 수 있는 연구방법론이라 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 각 12 경맥의 처음과 끝인 정혈과 합혈 2개의 혈을 측정혈로 삼고, 24개 경맥을 동시에 측정하는 방법으로 실험하여 결과를 나타내었다. 이러한 측정 방법은 경락을 하나의 시스템으로 인정하여 동일한 시간에 경락 전체의 생체 물리적 특성을 파악함으로써 각 경맥 간의 상대비교를 통해 경락을 전체적이고 동태적으로 파악할 수 있는 가능성이 있다고 판단하였다. 따라서 본 연구는 자체 제작한 24 채널의 경락전위 측정 시스템의 physiograph로 경락에서의 측정 전위를 객관화함으로써 이를 질병 진단 지표로의 활용 가능성을 탐구하는 목적으로 시스템을 개발하였다. 설계 제작 완료되어진 경락 전위 측정 시스템의 성능을 검증하기 위해 시뮬레이터의 삼각파, 심전도 신호를 인가하여 양호한 결과를 얻었으며, 실제 정상 인체에서의 24채널의 각 경락 전위의 측정을 하여 안정된 측정 결과를 얻었다.

본 연구의 궁극적인 목적은 정상인군, 환자군을 대상으로 12 경락의 정혈과 합혈에서 생체물리적 특성 중 하나인 전위를 측정하여, 이를 전위측정치를 이용하여 질병 진단의 가능성을 확인하고 종국적으로 이들 결과를 종합하여 한방 진단기기를 개발하는데 있다. 추후에 진행될 일련의 연구는 본 연구에서 개발된 24채널

경락 전위 측정 장비를 통해 얻어진 생체신호를 분석하여 의료 정보를 추출하고 이를 바탕으로 질병을 진단하는 분석 알고리즘 개발에 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한국한의학연구소. 『한의진단명과 진단요건의 표준화 연구 I』. 1995.
- [2] 한국한의학연구소. 『한의진단명과 진단요건의 표준화 연구 II』. 1996.
- [3] 한국한의학연구소. 『한의진단명과 진단요건의 표준화 연구 III』. 1997.
- [4] Bullock, M., P. Culliton, and R. Olander. Controlled trial of acupuncture for severe recidivist alcoholism. *Lancet* 1989;1:1435-1439.
- [5] George A. Ulett, John A. Stern, and Marjorie L. Brown. Skin potential change at acupuncture points. Proceedings NIH acupuncture research conference, 1973.
- [6] Gunn and Milbrandt. 1980. Dry needling of muscle motor points for chronic low back pain. *Spine* 1980;15:(279-291)
- [7] Mark J Friedman, Stephen Brich, William A Tiller. Towards the development of a mathematical model for acupuncture meridians. Proceedings of International Conference on Bioenergetic Medicine-Past, Present and Future. 1991.
- [8] Ogata H, Matsumoto T, Tsukahara H, Electrical skin resistance changes in meridians during ophthalmic surgery with local anesthesia. *Am. J. Chin. Med.* 1983;11(1-4):130-136, 123-129.
- [9] Otto Bergsmann, Ann Woolley-Hart. Differences in electrical skin conductivity between acupuncture points and adjacent skin areas. *Am. J. Acupuncture*. Vol. 1. Jan.- March. 1973.
- [10] Robert H. Bannerman, John Burton, Ch'en Wen-Chieh, Traditional Medicine and health care coverage, World Health Organization, 1983.
- [11] 고한우외공저. 『디지털생체신호처리』. 서울: 麗文閣, 1997.
- [12] 정홍수 노병의 공역. 『침구임상연구지침서』. 경산: 경산대학교 출판부, 1987.
- [13] 최문섭, 고형섭, 김창환. 經穴 및 經絡의 客觀化에 대한 小考. 大韓鍼灸學會誌. 1991.
- [14] 최환수, 남봉현, 이한구. 정상인의 경락전위측정 실험에 대한 연구(I). 대한침구학회지. 1999; 16(4): 337-343.
- [15] 한상진. 『바이오리듬의 규명과 응용』. 서울: 아카데미 서적, 1993.
- [16] 한국한의학연구소 임상연구부편역. 『경락의 연구 I』. 서울: 대명문화사, 1996.
- [17] 한국한의학연구원. 『전기적 특성을 이용한 경락시스템 연구(3)』. 서울: 다우문화, 2000.
- [18] 한국한의학연구원. 『경락시스템에 대한 생체물리학적 연구(1)』. 서울: 다우문화, 2001.
- [19] 남봉현, 최환수a. 12경맥 전위측정 실험에 대한 연구(3)-부정맥 환자의 측정전위 비교-. 대한침구학회지. 2000;17(4):172-179.
- [20] 남봉현, 최환수b. 로지스틱 회귀분석을 이용한 마비환자 12 경맥에서 측정된 전위에 관한 연구. 한국보건통계학회지. 2001;26(1):37-43.
- [21] 남봉현, 최환수. 견비통 환자의 침 치료 전후 12 경맥 전위측정 연구(5). 대한침구학회지. 2002; 19(6): 12-23.
- [22] 남봉현, 최환수, 정동명. 현대과학으로 본 인체 경락시스템, 주민출판사, 2003, 103-126

---

### 저 자 소 개

이 우 철(정회원)  
제 37 권 TE 편 제 2 호 참조  
현재 서울보건대학 의료공학과 조교수  
현재 의료기 개발 연구소 소장

사공석진(정회원)  
제 32 권 B 편 제 11 호 참조  
현재 국민대학교 전자공학부 교수  
현재 전력전자 연구센터장