

# 체표 캐패시턴스 측정 방식을 이용한 체표 경락·경혈 에너지 변화 분석

김수병<sup>1</sup>, 권선민<sup>1</sup>, 명현석<sup>2</sup>, 이경중<sup>2</sup>, 강희정<sup>3</sup>, 임윤경<sup>4</sup>, 이용흠<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 보건과학대학 의공학과 한의공학연구소, <sup>2</sup>연세대학교 보건과학대학 의공학과, <sup>3</sup>대요메디(주),  
<sup>4</sup>대전대학교 한의과대학 한의학과 경락경혈학교실

## Analysis of Meridian Energy and its Change Pattern with Time using Measurement of Skin-Capacitance on Source Points

Soo-Byung Kim<sup>1</sup>, Sun-Min Kwon<sup>1</sup>, Hyoun-Seok Myoung<sup>2</sup>,  
Kyoung-Joung Lee<sup>2</sup>, Hee-Jung Kang<sup>3</sup>,  
Yun-Kyoung Yim<sup>4</sup>, Yong-Heum Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science Oriental medical Engineering Lab, Yonsei University

<sup>2</sup>Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University

<sup>3</sup>Daeyomedi Co., Ltd.

<sup>4</sup>Dept. of Acupuncture & Moxibustion, Meridians & Acupoints, College of Oriental Medicine, DaeJeon University

### Abstract

**Objectives** : The object of this study is to investigate the balance/imbalance of skin capacitances between left and right meridians, and to analyze the change patterns of electric energy on meridians with the lapse of time.

**Method** : Electric potential was measured on five source points (LU9, PC7, HT7, LI4, SI4) bilaterally for 4 hours. The energy balance/imbalance between left and right was investigated, and the change patterns with time were analyzed.

**Results and Conclusions** : The amplitude of meridian energy on five source points and the energy balance/imbalance between left and right were varied in each individual. When a source point showed a balanced meridian energy bilaterally, the change patterns of meridian energy with time were similar between left and right. While, when it showed an imbalanced energy between left and right, the change patterns of meridian energy were also different between left and right. Through this study, we proposed a new diagnostic method of meridian energy.

**Key word** : meridian, source point, skin capacitance, energy balance, change pattern

## 1. 緒 論

경락은 한의학의 근간을 이루는 주요 이

론의 하나로, 고전에서는 『靈樞·營氣』 “營氣之道, 內穀爲寶 ..... 精專者, 行于經隧,” 『靈樞·本藏』 “經脈者 所以行血氣”등, 氣가 經絡을 따라 순행한다고 서술하였다. 또한, 『靈樞·營氣』에서는 “營氣之道, ..... 故氣從太陰出, 注手陽明,..... 下注肺中, 復出太陰. 此營

· 교신저자: 이용흠, 강원도 원주시 흥업면 매지리 234 연세대학교 보건과학대학 의공학과 한의공학연구소, Tel. 033-760-2920, E-mail : [koaim@yonsei.ac.kr](mailto:koaim@yonsei.ac.kr)

· 투고 : 2009/08/31 심사 : 2009/09/14 채택 : 2009/09/15

氣之所行也.”, 『靈樞·營衛生會』에 “衛氣行于陰二十五度, 行于陽二十五度, 分爲晝夜, 故氣至陽而起, 至陰而止.”라 하여, 시간에 따른 경기의 흐름을 설명하고 있다.

근래에는 전기생리학적 접근을 통한 경락연구가 많이 시행되고 있으며, 특히 체표 경락순행부위에서의 전기적 특성을 연구하는 방식이 다용되고 있다<sup>1)</sup>.

이에 저자는, 기가 경락을 따라 순환한다면 순환을 위한 기의 높고 낮음이 존재할 것이며, 경혈의 용량성분으로 인한 에너지가 경락의 기와 유관하다면, 기의 고저에 따라 측정된 체표 경락·경혈 에너지도 각각 다를 것이라고 가정하였다. 또한 경락에서의 시간에 따른 '기'의 변화에 의하여 체표 경락·경혈 에너지 역시 변화할 것이라 가정하였다.

경혈에서의 전기적 특성을 이용한 기존의 경락연구는 대부분 전기 자극에 의한 피부 임피던스를 측정하는 방식으로<sup>2-10)</sup>, 이는 피부의 건/습 상태에 따라 측정값이 달라져 재현성의 문제를 내포하고 있으며, 장시간에

걸쳐 임피던스가 변화하는 상태를 측정·분석한 사례는 전무하였다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자, 경락 유주 부위 체표에서 전하량(capacitance)을 장시간(4시간)동안 측정할 수 있는 시스템을 개발하여, 좌/우 균형·불균형 및 시간에 따른 변화 패턴을 분석하였다.

## II. 실험방법

### 1. 측정 원리

Figure 1의 모식도는 체표 경락·경혈의 커패시턴스 측정원리를 설명하기 위한 것이다.

$C_{body}$ 는 측정하고자 하는 부위, 즉 경혈의 커패시턴스이다. 이 부위는 생체전위를 갖으며, 생체전위의 크기는 해당부위의 생체이온 전하량에 비례한다. 이는 전하가 충전된 전원( $V_s$  : source)로 간주할 수 있다.

$C_{system}$ 는 외부 전자소자로  $C_{body}$ 의 생체전하를 인출하여 충·방전시키기 위한 캐패시

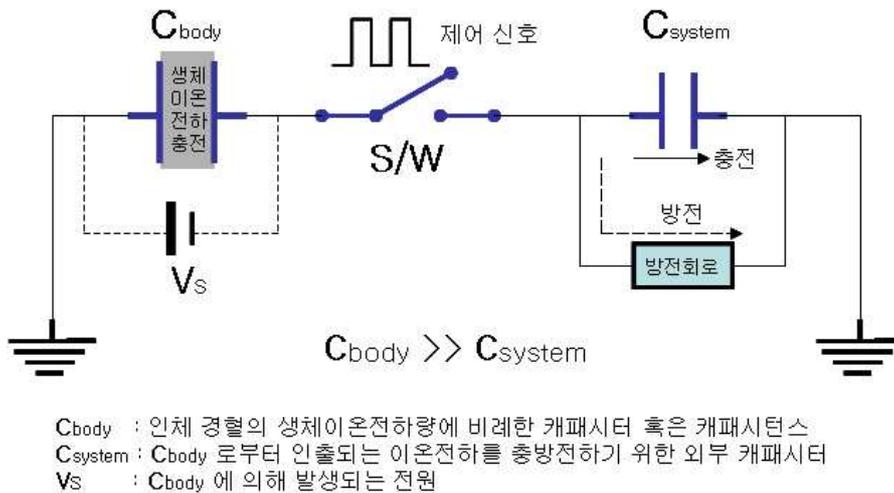


Figure 1. Proposed mimetic diagram for meridian energy measurement principal

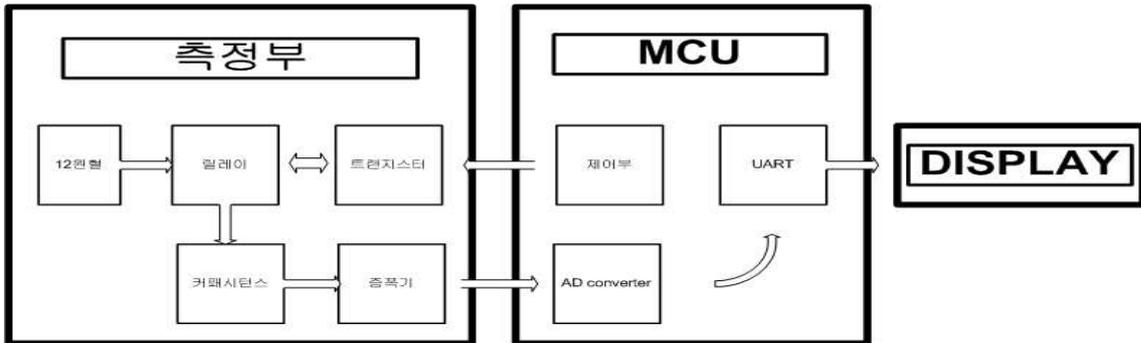


Figure 2. Blockdiagram of meridian energy measurement system

터(C)이다.

경혈의 전기 에너지 측정 원리는, 외부에 매우 작은 커패시터( $C_{system}$ )를 통하여 경혈 혹은 측정부위에서의 생체이온전하를 충전하는 방식이다.  $C_{body}$ 가  $C_{system}$ 보다 매우 크므로( $C_{body} \gg C_{system}$ ) 순간적으로  $C_{body}$ 에서  $C_{system}$ 로 이온전하의 이동이 가능하다. S/W 제어신호에 의해 스위치가 ON 될 시, 경혈에서 생체 이온전하가  $C_{system}$ 으로 충전이 되어 충전 전위를 발생하고, 스위치가 OFF가 되면  $C_{system}$ 의 충전 전하가 방전회로를 통하여 방전함으로써 방전전위가 발생한다. 이때의 충·방전 전위는 측정된 부위의 생체이온 전하량( $C_{body}$ )에 비례한다. 다채널로 각 커패시터( $C_{system}$ )에 충전되는 양은 각 측정부위에서의 에너지 크기를 대변하며, 충·방전은 스위치 제어신호에 의해 ON/OFF를 반복하며 충·방전이 제어된다.

## 2. 시스템 설계

본 기기는 12CHANNEL로, 동시간에 실시간으로 용량성(커패시턴스)에 비례하는 체표 경락·경혈 에너지를 측정하도록 제작

하였다.

체표 경락·경혈 에너지 측정 시스템은 크게 측정부, 마이크로프로세서부와 디스플레이부로 세 부분으로 구성하였다(Figure 2). 원혈에 자체 제작한 표면전극을 부착하고, 커패시터( $C_{system}$ )와 마이크로프로세서부(ATmega128(ATmel co.LTD, USA))를 이용하여 트랜지스터에 의해 경락에너지( $C_{body}$ )를 6Hz로 충·방전한다. 측정하지 않는 시간에 피험자와 체표 경락·경혈 에너지 측정기기간의 완전한 단락을 위하여 릴레이를 사용하였다. 생체 전하량은 매우 작으므로, 커패시터( $C_{system}$ )의 충·방전된 전위는 OP-AMP를 사용하여 증폭기를 설계, 대략 100배 증폭된 후, MCU의 AD converter를 통하여 480 Sampling rate와 10bit 분해능으로 디지털값으로 표현된다.

실시간으로 충·방전된 전위를 Display하기 위하여 GUI(Graphic User Interface) 소프트웨어를 사용하였다(Figure 3). 좌/우 원혈에서의 체표 경락·경혈 에너지양을 비교하기 위하여 왼쪽, 오른쪽으로 나뉘 막대그래프로 표현할 수 있게 설계하였으며, 측정

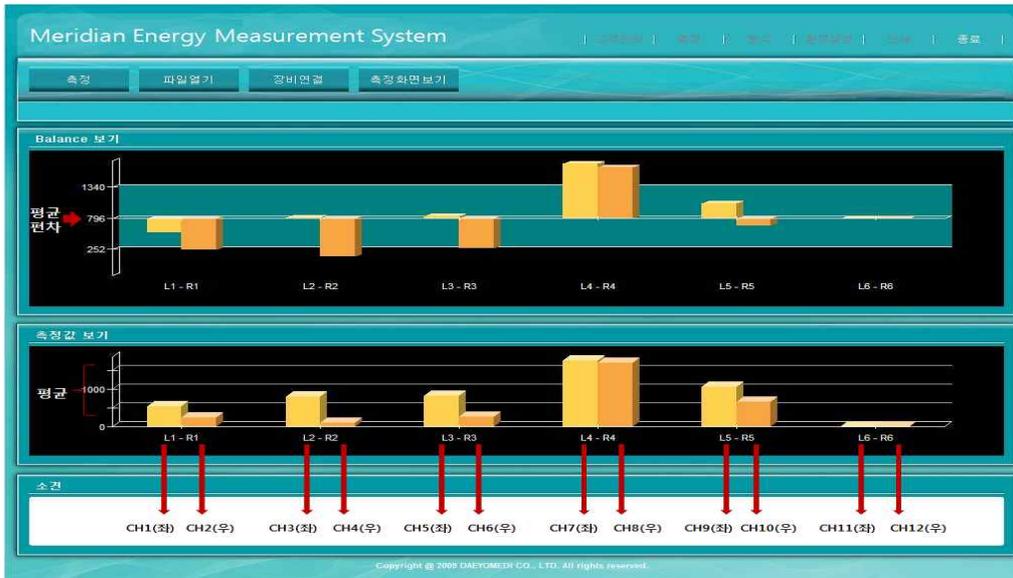


Figure 3. GUI Software for Analyzing of meridian energy

된 에너지의 전체 평균값과 평균값과의 편차를 동시에 나타냄으로서 다양한 해석을 할 수 있도록 하였다.

본 GUI 소프트웨어는 측정”버튼을 마우스로 클릭하면 3초 내에 측정을 완료하며, 각 측정된 총·방전된 전위의 최고의 peak를 막대그래프로 자동 표현한다. 또 측정된 data는 digital value로 문서파일에 실시간으로 12개의 채널 순서에 따라 자동 저장될 수 있도록 DataBase를 구축하였다.

### 3. 측정 대상

피험자의 평균 나이는 24±2세였으며, 특정한 질병이나 질환이 없고, 과거에 폐장, 신장, 심장, 대장, 소장 질환으로 치료받은 사실이 없으며, 전극을 부착할 경혈 체표면에 특별한 외상이 없는, 남성 7명, 여성 3명을 대상으로 하였다.

### 4. 측정부위

12원혈 중 Table 1과 같이 手經의 원혈 5개를 선택하였다. 취혈 시 경혈 체표임피던스 측정 방법을 이용한 경혈식별기를 이용하였다<sup>12)</sup>.

channel number	경혈	channel number	경혈
L1	좌측 태연(LU9)	R1	우측 태연(LU9)
L2	좌측 대릉(PC7)	R2	우측 대릉(PC7)
L3	좌측 신문(HT7)	R3	우측 신문(HT7)
L4	좌측 합곡(LI4)	R4	우측 합곡(LI4)
L5	좌측 완골(SI4)	R5	우측 완골(SI4)

Table 1. Graph number of GUI and selected acupoints

### 5. 측정시간 및 측정자세

모든 피험자에 대하여 동일한 실험방법을 적용하고 데이터의 오차요인을 최소화하기 위하여 실험시간은 저녁 12:00부터 새벽 4:00까지 일정하게 하여 3분마다 측정하였다. 피험자는 저녁7시 이후 어떠한 음식도 섭취하지 않았으며, 실험 시작 1시간 전에 침대에 누워 수면을 취하기 위한 안정상태를 유지하였고, 측정하는 동안 피험자는 수면상태를 유지하도록 하였다.

## 6. 측정방법

체표 경락·경혈 에너지 측정에 사용된 전극은 자체 제작된 전극으로, 매우 작고 도전성이 우수한 저항  $7[\Omega]$ 의 전극을 사용하였다. 제작된 전극을 선정된 좌/우 원혈 10개에 부착하여 동시에 측정하였으며, GUI에서 동일한 좌/우 원혈에서 측정된 에너지양을 막대그래프로 나란히 비교하기 위하여, 경락 에너지 측정 시스템의 채널과 Left Number 혹은 Right Number의 순서를 Matching시켰다.

공통접지는 피부와 접지전극의 impedance matching을 위하여 염화은(AgCl)전극을 사용하여 중완(CV12)에 접지하였다. 실험시작 전 1시간 동안 안정을 취한 후, 장시간(4시간) 연속적으로 좌/우 원혈에서 체표 경락·경혈 에너지를 3분마다 측정하였다. 측정된 데이터는 자동 저장되며, EXCEL을 이용하여 좌/우 각 원혈에서의 측정치의 평균을 계산하고 시간에 따른 에너지 변화를 그래프로 나타내었다.

## III. 결 과

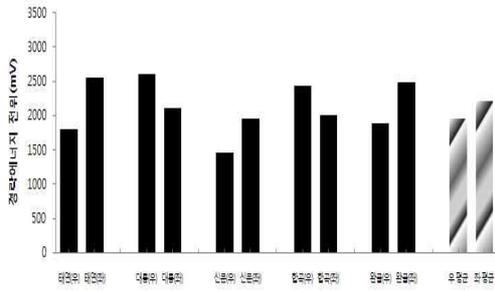
### 1. 좌/우 원혈에서 체표 경락에너지의 크기

각 피험자의 좌/우 원혈에서 체표 경락·경혈 에너지를 4시간 동안 3분마다 총 80회 측정된 데이터의 평균값은 Figure 4와 같다. 피험자마다 상이한 에너지 상태를 나타내고 있으며, 동일인에서도 각 원혈마다 체표 경락·경혈 에너지가 상이하게 나타났다.

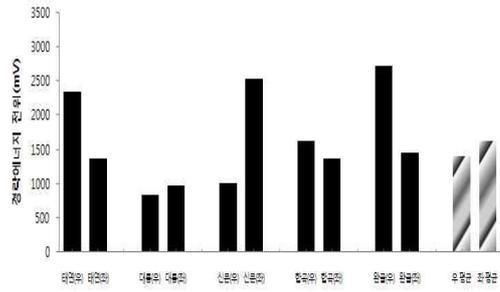
### 2. 시간에 따른 경락에너지 변화 패턴 분석

각 피험자의 원혈에서 시간에 따른 체표 경락·경혈 에너지의 크기, 주기, 변화패턴 등을 관찰하였다. 모든 피험자에서 명확한 체표 경락·경혈 에너지변화의 주기성은 확인되지 않았으나 일부 피험자에서 에너지변화 주기성이 나타나는 경우가 확인되었으며, 에너지가 일정시간동안 유지되었다가 증/감을 하는 패턴을 보였다.

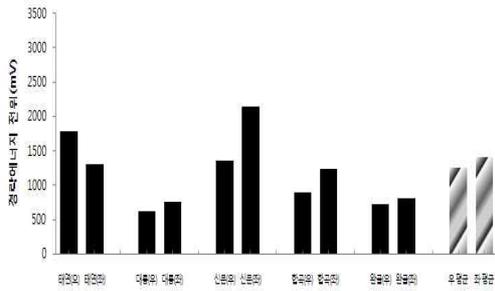
Figure 5에서 피험자 A의 경우, 5개 원혈 모두 체표 경락·경혈 에너지의 크기가 좌우 유사하였고, 시간에 따른 변화패턴 역시 5개 원혈 모두에서 좌우 유사하였다. 각 원혈에서의 변화패턴을 비교해 보면, 좌/우 태연, 신문, 대릉은 낮은 에너지 준위를 유지하다가 일정시간 경과 후 에너지가 급격하게 증가하는 패턴을 보인 반면, 좌/우 합곡은 높은 에너지 준위를 유지하다가 일정 시간 경과 후 에너지가 감소하는 패턴을 보였고,



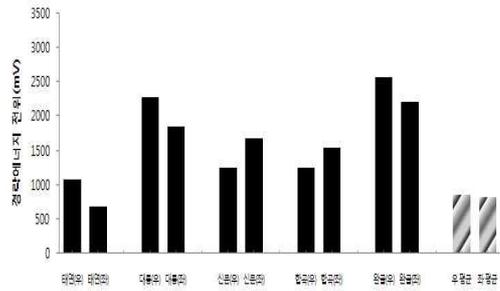
(피험자 1)



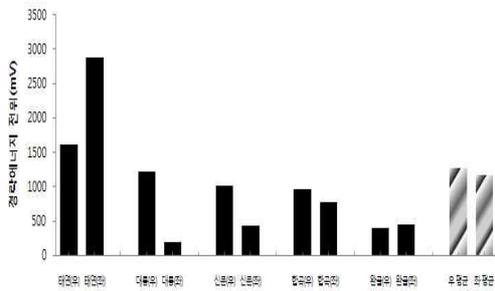
(피험자 5)



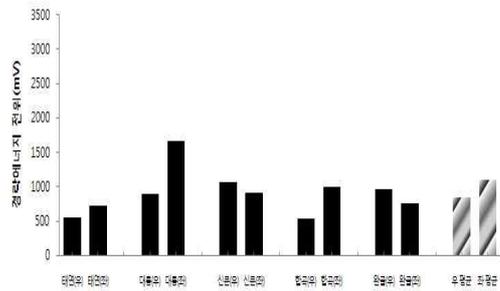
(피험자 2)



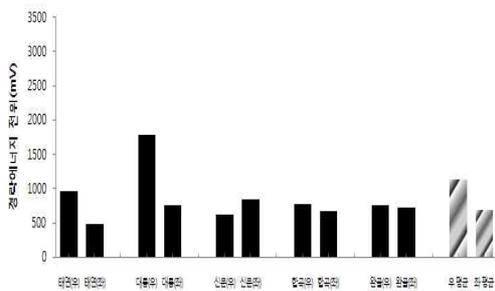
(피험자 6)



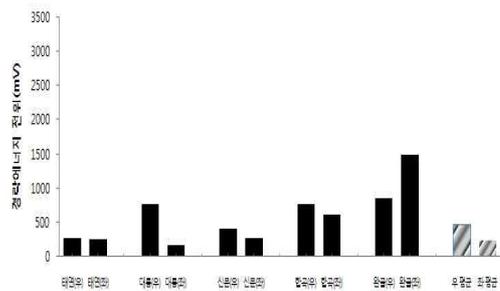
(피험자 3)



(피험자 7)

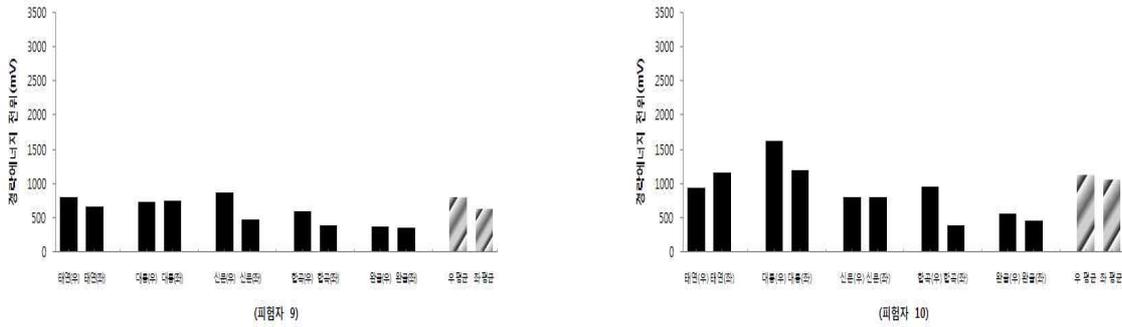


(피험자 4)



(피험자 8)

체표 캐패시턴스 측정 방식을 이용한 체표 경락·경혈 에너지 변화 분석



\* 각 피험자들에 대하여 4시간 동안 총 80회 측정 데이터의 평균값  
**Figure 4. Analysis of meridian energy for 10 subjects**

좌/우 완골에서는 약간의 에너지의 변화는 있으나 지속적으로 비슷한 에너지 준위를 유지하는 패턴을 보였다.

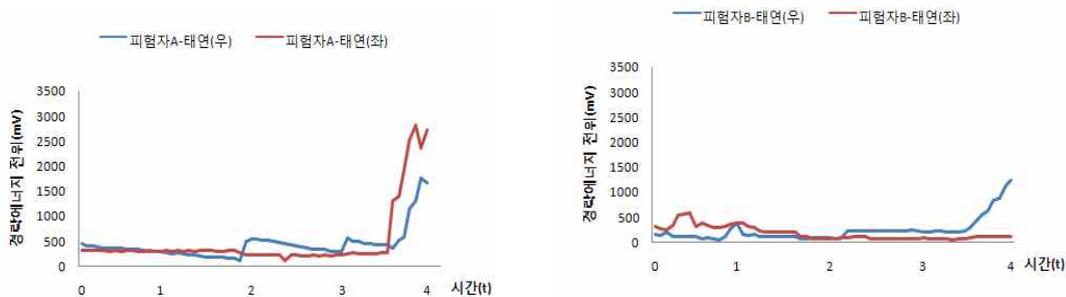
피험자 B의 경우, 5개 원혈 중 몇몇 원혈은 에너지 변화에 주기성을 보였고, 몇몇 원혈에서는 주기성이 희박하였다. 변화 패턴 역시, 합곡과 완골에서는 좌우 유사한 패턴을 보이고 있으나, 나머지 3개 원혈에서는 좌우 변화패턴이 상이하게 나타나고 있다.

3. 좌/우 체표 경락·경혈 에너지 크기의 균형과 시간에 따른 에너지 변화패턴의 상관성

좌/우 에너지 균형·불균형 정도와 시간에 따른 변화패턴은 개인에 따라 경혈에 따라 각기 상이하였으나, 아래와 같이 크게 2가지로 구분할 수 있었다.

(1) 좌/우의 체표 경락·경혈 에너지 크기와 변화패턴이 유사한 경우

체표 경락·경혈 에너지의 크기가 좌/우 균형을 이룬 경우, 시간에 따른 변화, 패턴 역시 좌/우 유사하게 나타났다(Fig. 6). 이 경우에는 에너지 변화의 주기성이 비교적 명확한 경향을 보였다.



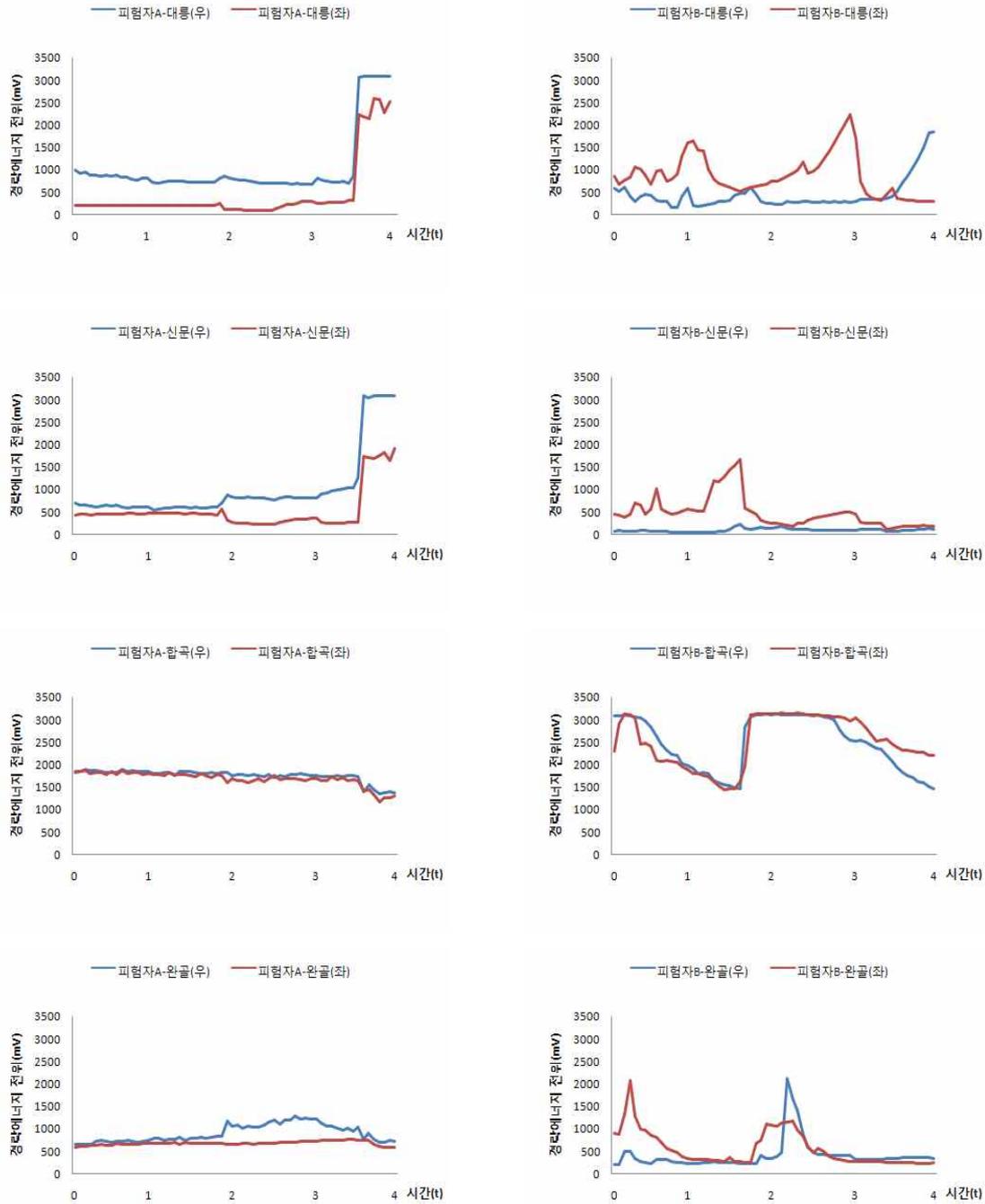


Figure 5. Meridian energy patterns according to time variation

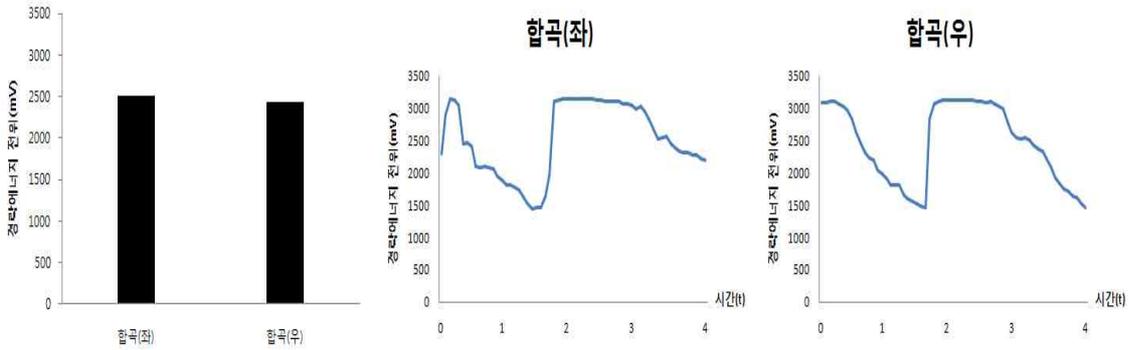


Figure 6. Comparison of Left-Right side meridian energy(energy balance)

(2) 좌/우의 체표 경락·경혈 에너지 크기와 변화패턴이 상이한 경우

좌/우 에너지 크기의 차가 심한 경우 시간에 따른 좌/우 변화 패턴 역시 상이하였다(Fig. 7). 이 경우에는 에너지 변화 추이도 매우 불규칙적으로 나타났다.

#### IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 기존의 피부임피던스(저항 성분) 측정방식에서 탈피하여, 접촉식 수동 계측 방식의 생체이온전하량에 비례한 전위

를 측정하는 방식으로 동 시간에 12개의 경락에서 체표 경락·경혈 에너지 측정이 가능한 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 이용하여, 좌/우 5개의 원혈에서 체표 경락·경혈 에너지의 양과 변화를 측정하고 분석한 결과, 피험자 10명중 1명은 모든 원혈에서 에너지 크기가 크고 균일하였으며, 1명은 에너지 크기가 작고 균일하였다. 나머지 8명의 피험자에서는 각 원혈마다 체표 경락·경혈 에너지의 크기가 상이하게 나타났으며, 이에 따라 좌우 균형과 불균형으로 구분할 수 있었다.

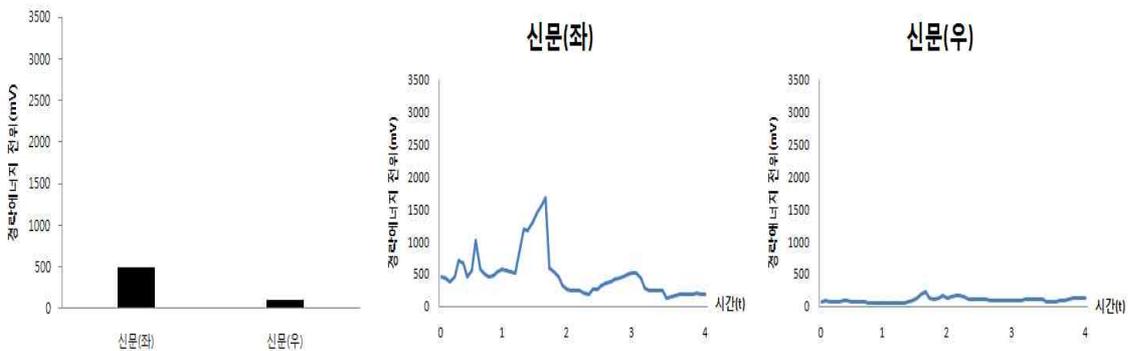


Figure 7. Comparison of Left-Right side meridian energy(energy imbalance)

시간에 따른 변화 패턴을 분석한 결과, 8명 모두에서 뚜렷한 주기성을 발견하지는 못했으나, 일부 피험자에서는 비교적 명확한 주기성을 발견할 수 있었다.

특히 Figure 5에서 피험자 A의 경우, 어느 경혈에서 에너지 증가가 나타난 시기에 다른 경혈에서는 에너지 감소가 나타나, 마치 에너지 보존의 법칙처럼, 전체 경락을 순환하는 에너지의 총량이 일정한 정도로 유지되면서 하나의 경락에 있던 에너지가 어느 시기에 다른 경락으로 이동하는 듯한 추측을 하게 하였다. 고전에 언급된 영기와 위기의 순환을 고려하면, 이러한 가설은 매우 흥미롭다.

원혈에서의 체표 경락·경혈 에너지 크기와 시간에 따른 변화패턴을 좌/우 비교한 결과, 에너지 크기가 좌우 균형을 이룰 경우 변화패턴도 좌우가 유사하였으며, 좌우 에너지 크기가 큰 차이를 보일 경우 에너지 변화 패턴도 좌우가 크게 상이하였다.

이상의 결과에서 볼 때, 원혈에서의 체표 커패시턴스 측정방법은 경락의 상태를 판단하는 유의한 파라미터가 될 수 있을 것으로 보이며, 체표 경락·경혈 에너지 크기의 좌/우 균형 여부와 시간에 따른 에너지 변화 패턴의 좌/우 유사성 여부는 밀접한 관련 있을 것으로 추정된다.

향후 더 많은 피험자를 대상으로 12경락의 모든 원혈에 대한 더 정밀한 실험이 요구되며, 정상인 외에 특정한 질환을 가진 환자를 대상으로 한 임상적 접근도 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 보건복지가족부의 지원에 의해 이루어졌음을 알립니다. [과제고유번호:B080011]

## 참고문헌

1. Soo-Byung Kim, Sun-Min Kwon, Hee-Jung Kang, Yon-Kyoung Yim, Yong-Heum Lee, Development and Evaluation of Energy Measurement System for Oriental Medicine Diagnosis. Journal of Meridian and Acupoint. 2009; 26(1): 51-60.
2. Reinhold Voll. Topographic Position of the Measurement Points in Electroacupuncture. Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft mbH. Uelzen. 1997; 1.
3. Zhu Zong Xiang, et al. The low Impedence Nature of Meridian Lines before and after Amputation. British Journal of Acupuncture. 1998; 11(1) : 25-8.
4. Luisiani, R.L. Direct observation and photo-graphy of electro conductive points on Human skin. American Journal of Acupuncture. 1978; 4(6): 311-31.
5. Kuo-Gen Chen. Electrical Properties of Meridians. IEEE Eng. in Medicine and Biology. 1996; 15(3): 59.
6. Kurabayashi, Y. Histological studies on the skin elective resistance decreased

- point(SERDP). OkayamaIgakukai Zasshi. 1980; 92 : 635-57.
7. Zhu Z.X, Research advances in the electrical specificity of meridians and acupuncture points. American Journal of Acupuncture. 1981; 9: 203-16.
  8. A study on Meridian(1): Korea Institute of Oriental Medicine, 1998; 29-40. 47-88.
  9. Yong-Heum Lee, Investigation of Electrical Responses to Acupuncture Stimulation: The Effect of Electrical Grounding and Insulation Conditions, J Acupunct Meridian stud 2009; 2(1):49-55.
  10. Yong-Heum Lee, Development of the Meridian-Visualizing System that Superimposes a Bio-signal upon a Body Image, The American Journal of Chinese Medicine, 2004; 32(4): 631-40.
  11. Myeong-Soo Lee, Yong\_Heum Lee, Byung-Cheul Shin, Dong-Myong Jeing, Mo Kyung Kim, Su-Bok Ko. Is There Any Energy Transfer During Acupuncture, The American Journal of Chinese Medicine. 2005; 33(3), 507-512.
  12. Yong-Heum Lee. Development of Acupoint Discrimination and Meridian Diagnosis/Therapy System by Potential Analysis of Meridian. 2004: 75-84.