경락경혈학회지 Vol.28, No.4, pp.41~48, 2011
Korean Journal of Acupuncture

다채널 생체전위 측정을 통한 족삼리 주변 피부의 전위 변화 유사도 연구

이상훈 · 조성진 · 최광호 · 류연희 · 권오상 · 최선미

한국한의학연구원 의료연구부 침구경락연구그룹

The Multi-channel Bio-potential Similarity Research of Acupuncture Point (ST36) and Peripheral Region

Sang-Hun Lee, Sung-Jin Cho, Gwang-Ho Choi, Yeon-Hee Ryu, O-Sang Kwon, Sun-Mi Choi

Acupuncture, Moxibustion & Meridian Research Group Division of Standard Research, KIOM

Abstract

Objectives : This study aimed to explore the passive multi-channel time series analysis method by measuring bio-potentials of acupuncture point and the peripheral region

Methods : Bio-potential was measured at ST36 and the peripherical region of ST36 of 5 healthy volunteers at three times. The diagram of the potential changes over time were smoothed by moving average method and similarities of ST36 and the other points were calculated.

Results : In the normal weight group, bio-potential similarity tended to decrease in proportion to the distance from the acupuncture point. In the obesity group, bio-potential similarity appeared in a very wide area. Bio-potential similarity had positive correlation with BMI value.

Conclusions : The passive multi-channel time series analysis method showed the possibility be appropriate for the electrical characteristics study of meridians.

Key words : biopotential, bioelectric potential, areal characteristics, similarity, BMI

Ⅰ. 서 론

전통의학에서 침술은 수천 년 동안 이어져 내려오며 체성 통증 치료나 내과 질환의 증상 개선에 기여하는 등 중요한 부분으로 여겨지고 있으나 경락과 경혈에 대한 해부학적 검증과 과학적 객관성의 확보의 어려움으로 인해 그 효능에 대해 논란이 제기되고 있다[1,2]. 경락과 경혈의 실체에 대한 과학적 근거를 마련하기 위한 노력으로 Langevin 등[3,4]은 connective tissue 에 대한 가설을 발표하였으며 Yu등[5]은 Facia network를 경락의 해부학적 실체로 제안하였다. 또한 이등[6-8]은 김봉한이 1965년에 발표한 봉한학설[9]을 재연 실험한 결과 림프관 및, 중추 신경계, 피부 등에서 동일한 것으로 추정되는 조직을 발견하였다고 발표 하였다. Zhang 등[10]은 고전 경락이 비경락에 비해 액체의 이동이 용이한 곳이라고 주장 하였으며 Schlebusch등[11]은 뜸 자극에 의한 생채광자 채널의 출현부위가 경락과 유사한 형태를 보인다고 주장하였다. 경혈에 대한 전기적 특성은 Niboyet[12]이 피부에서 저 저항 특성을 발표한 이후 Voll등[13]에 의해 구체화 되었다. 그러나 Pearson등[14]은 경혈과 비 경혈에서 저

· 교신저자 : 최선미, 대전시 유성구 전민동
한국한의학연구원 의료연구부 침구경락연구그룹
Tel. 042-868-9485, Fax. 042-863-9464
E-mail: smchoi@kiom.re.kr
· 투고 : 2011/11/29 심사 : 2011/12/08 채택 : 2011/12/13

저항의 특이성을 발견 할 수 없었다고 하였으며 그 이유로 경혈점 탐색기술의 오차가능성과 측정 단자의 크기, 압력, 피부의 습도, 피하의 골격구조 및 측정점의 경사도등에 따른 저항 값의 변화 가능성 등을 제시하였다. 본 연구에서는 이러한 오차가능성을 피하고 새로운 연구방법을 개발하기 위해 전류를 인가하지 않고 체표에서 측정되는 전위값을 Passive multichannel을 측정해보고자 하였으며 측정값의 시간에 따른 변이의 상관도 분석을 통해 전위의 변화의 유사성이 나타나는 공간적 분포를 살펴보았으며 이에 흥미로운 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 대상

본 연구는 28세에서 38세 사이의 성인 남자 5명(평균나이 32.8세)을 대상으로 하였으며 1년 이내에 수술력이 없고, 한 달 이내에 약물 복용 기록이 없으며, 피부질환 및 금속 알러지를 보유하지 않는 건강인을 대상으로 하였다. 모든 피험자는 실험내용을 청취하였으며 연구에 동의 후 참가하였다.

2. 실험장치

생체 전위 측정에는 Bioscan(Korea, TASFO)을 이용하였다. Bioscan은 24채널의 입력단자를 갖고 있어 동시에 24개의 생체전위를 측정할 수 있고 최대 Sampling rate는 5K로 1/5000초 단위 변화를 측정할 수 있다. 전극은 직경 2.5mm 유연한 원판 금전극인 Flexgold(한국, 한국한의학연구원, 특허 KR. 10-0996289)를 자체 제작하여 사용하였고, 전극과 피부 사이의 전기 저항을 감소시키기 위해 Signal gel(USA, Parker)을 전극표면에 얇게 도포한 피부에 의료용 반창고를 이용하여 고정하였다. 전선의 물리적 요동에 의한 노이즈를 제거하기 위해 전극 부착 후 전선이 움직이지 않도록 클램프로 고정하였다. High-pass filter와 Low-pass filter를 각각 1과 10으로 설정하였으며, 60Hz notch filter를 적용하여 AC 전원에 의한 노이즈를 제거하였다. 데이터 기록에는 Bioscan meridian(Korea, TASFO)을 사용하고, 데이터 분석에는 Excel 2010 (USA, Microsoft)과 PASW 18 (USA, SPSS Inc.)을 사용하였다.

3. 측정

측정 경혈은 비교적 해부학적 위치가 뚜렷하고 많은 연구결과가 발표되어있는 족삼리로 선택하였다. 취혈은 대한민국 국가표준 경혈위치에 명시한 바에 따라 종아리 앞 부위, 앞 정강근 힘살의 중간이며 정강뼈 거친 면의 아래 모서리와 수평인 곳[15]으로 독비(犢鼻)와 해계(解谿)를 연결하는 선 위 독비(犢鼻) 아래로 三寸下 陷沒處[16]로 하였으며, 仰臥屈膝位로 측정하였다. 전극의 배치는 혈위를 중심에 두고 1cm 간격의 13개 측정 위치를 방사형으로 표시하였다. 취혈 및 위치 표시는 경혈학을 전공한 임상경력 3년 이상의 한의사 1인에 의해 반복 실시되었다. 측정을 위한 전극의 배열은 좌측 족삼리를 중심으로 사방 및 간방으로 1cm간격으로 12개를 부착하였으며 접지 전극과 기준 전극은 무릎을 굽혔을 때 횡문 끝점에 부착하였다. 취혈 과정에서 접촉 및 눌림으로 인한 자극이 측정에 미치는 영향을 피하기 위해 피험자는 전극 부착 후 누운 자세에서 30분 동안 휴식을 취한 후 측정을 시작하였으며 근전도의 혼입을 막기 위해 측정기간동안 자세를 고정하였다. 1회 수행 시 30분 동안 측정하였고 모든 피험자는 하루 이상의 간격을 두어 3회 반복 측정하였다. 모든 측정은 조용하고 전자파가 차단되고 온도(24℃)와 습도(45%)가 일정한 장소에서 실시되었다.

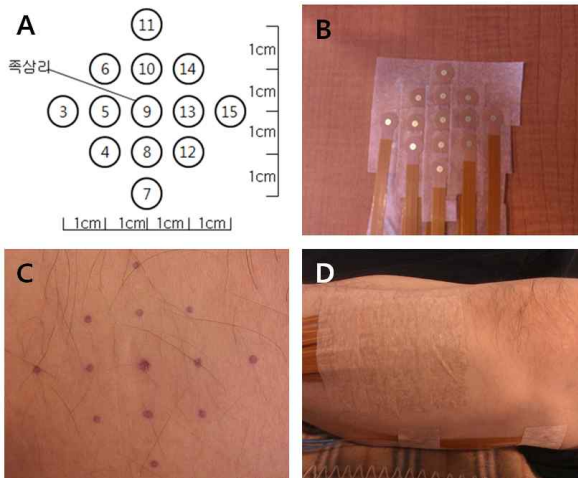

Fig. 1. Measuring points at ST36 and electrode array. Numbers mean input channels.

4. 분석

본 연구에서는 시간에 따른 족삼리와 주변 영역의 전위 변화의 상관도를 살펴보기 위하여 피부 표면에서 측정된 전위값을 다음과 같은 방법으로 분석하고자하였다.

측정값은 1/100초 단위로 기록되었으며 기록된 값은 족삼리의 생체 전위를 기준으로 주변 전위와의 시간에 따른 변화의 유사도를 분석하였다.

Smoothing : 원본 자료는 생체 신호의 균일하지 못하고 빠르게 변하는 특성과 전기 신호의 노이즈, 맥박, 피험자의 순간 움직임 등에 의해 매끄럽지 못하고 날카로운 구조를 갖고 있기 때문에 연속적인 흐름을 비교하기 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해 유사도 평가 전에 이동 평균 방식(moving average)을 사용하여 평활화를 수행하였다. 본 연구에서는 50초 구간에 대한 이동 평균을 10회 수행하였다(Fig. 2).

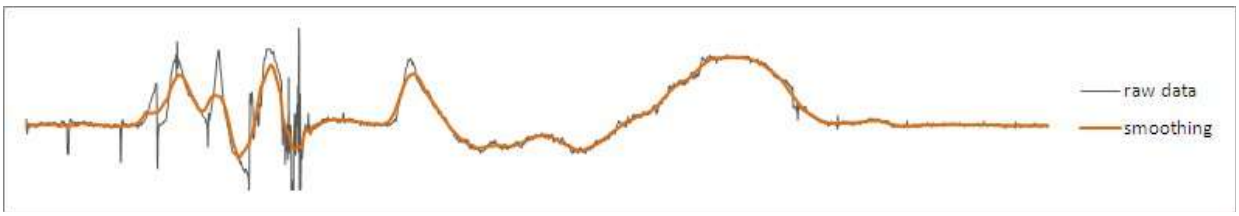

Fig. 2. Comparing smoothing result with its raw data.

유사도 평가 : 유사도는 두 채널에서 기록된 생체 전위의 시간에 따른 변동의 유사한 정도를 나타내는 값으로 본 연구에서는 전위 변동의 등방향성을 요소로 하여 계산하였다. 유사도 값은 전체 샘플 개수 대비 등방향 변동 개수의 비율로 계산하여 구하였고 변동 크기는 고려하지 않았다. 이를 식으로 나타내면 N+1개의 샘플을 갖는 두 표본의 유사도 S는 다음과 같다.

$$S(A,B) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \Delta_{A_i} * \Delta_{B_i}$$

$$\Delta_{A_i} = U_{A_i} - U_{A_{i-1}}$$

$$A * B = \begin{cases} 1 : \text{If A and B have same sign} \\ 0 : \text{If A and B have different sign} \end{cases}$$

이 식에서 U는 생체 전위 값을 의미한다. 유사성 평가는 9번 채널을 기준으로 각 채널과의 유사도를 계산하여 수행하였다. 피험자 개인의 대표 유사도는 전 채널 유사도의 평균을 취하여 구하였고 표준편차를 함께 표시하였으며 추정된 경혈에 취혈 오차가 발생하였을 가능성을 고려하기 위하여 Referance인 9번 채널의 4방향의 5, 10, 13, 8번 채널을 중심으로 부분분석을 추가 실시하였다.

III. 실험 결과

총 5인의 남자 피험자가 실험에 참여하였으며 3

회 측정결과를 평균으로 하여 족삼리를 중심으로 한 각 채널에서의 유사도를 위치에 따라 제시 하였다.

피험자A의 각 채널에서의 전체 상관도의 평균값은 0.590 이었다. 각 채널 중에서는 Ch9와 Ch8이 0.708로 가장 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며 중앙에서 밖으로 멀어질수록 유사도가 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 3A). 상하 좌우의 주변 4방향(Ch5, 10, 13, 8)을 중심으로 한 상관도 분석에서는 Ch9를 중심으로 한 상관도의 평균치가 0.651로 가장 높은 값을 나타내었다(Fig. 3).

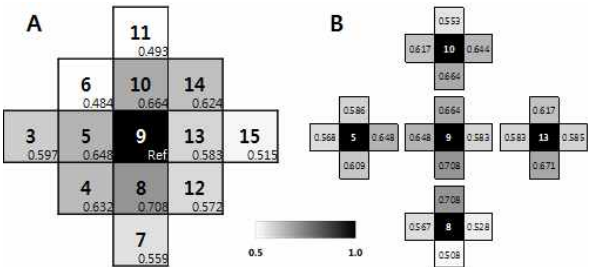

Fig. 3. Individual similarities of whole channels with channel 9(A), and partial analysis of four corners(B): subject A.

피험자 B의 각 채널에서의 전체 상관도의 평균값은 0.668로 피험자 A에 비해 다소 높게 나타났으며 중앙에서 밖으로 멀어질수록 유사도가 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 4A). 각 채널 중에서는 Ch9와 Ch14가 가장 높은 상관관계를 나타냈으며 주변 4방향의 상관도 분석에서는 Ch13을 중심으로 본 상관도가 0.784로 가장 높게 나타났다(Fig. 4B). 이는 Ch13을 중심으로 사방 주변의 저항이 가장 낮거나 혹은 Ch13이 특이적으로 주변에 전위 변화의 영향력을 강하게 미치는 부위 일 것으로 추정할 수 있다.

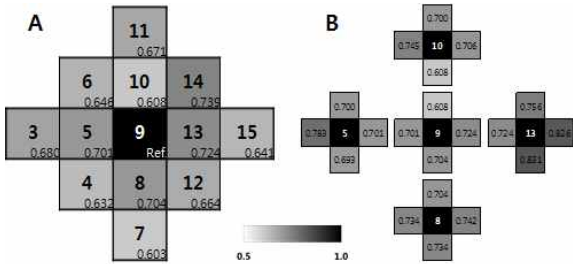

Fig. 4. Individual similarities of whole channels with channel 9(A), and partial analysis of four corners(B): subject B.

피험자 C의 각 채널에서의 전체 상관도의 평균값은 0.665로 피험자 A에 비해 높고 B에 비해서는 약간 낮게 나타났으며 피험자 A, B와 마찬가지로 중앙에서 밖으로 멀어질수록 유사도가 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 5A). 각 채널 중에서는 Ch9와 Ch8이 가장 높은 상관관계를 나타내었으며 주변 4방향을 중심으로 한 상관도 분석에서는 Ch8을 중심으로 한 상관도의 평균치가 0.730으로 가장 높은 값을 나타내었다.

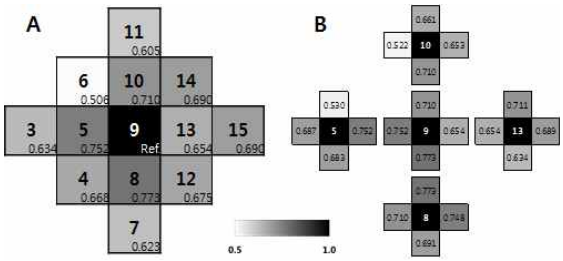

Fig. 5. Individual similarities of whole channels with channel 9(A), and partial analysis of four corners(B): subject C.

피험자 D의 각 채널에서의 전체 상관도의 평균값은 0.748로 피험자 A, B, C에 비해 매우 높은 값을 나타내었으며 전 영역에서 유사도가 높게 나타났다(Fig. 6A). 각 채널 중에서는 Ch9와 Ch14가 가장 높은 상관관계를 나타내었으며 주변 4방향을 중심으로 한 상관도 분석에서는 Ch13을 중심으로 한 상관도의 평균치가 0.779로 가장 높은 값을 나타내었다.

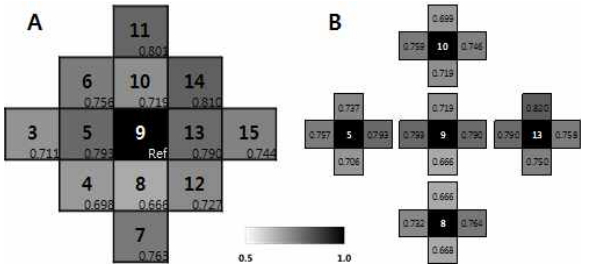

Fig. 6. Individual similarities of whole channels with channel 9(A), and partial analysis of four corners(B): subject D.

피험자 E의 각 채널에서의 전체 상관도의 평균값은 0.773로 가장 높은 값을 나타내었으며 전 영역에서 유사도 또한 매우 높게 나타났다(Fig. 7A). 각 채널 중에서는 Ch9와 Ch7이 가장 높은 상관관계를 나타내었으며 주변 4방향을 중심으로 한 상관도 분석에서는 Ch8을 중심으로 한 상관도의 평균치가 0.848로 가장 높은 값을 나타내었다.

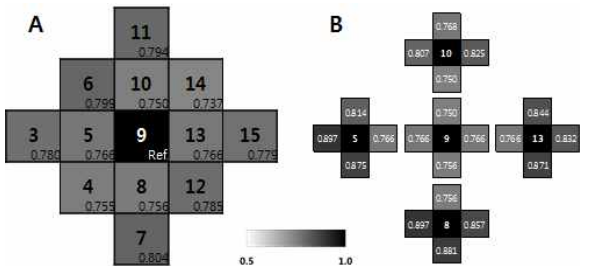

Fig. 7. Individual similarities of whole channels with channel 9(A), and partial analysis of four corners(B): subject E.

거리에 따른 유사도의 변화 추이를 피험자별로 살펴보기 위해 9번 채널을 중심으로 사방 10mm에 해당하는 Ch5, 8, 10, 13과 14.4mm에 해당하는 Ch4, 6, 12, 14, 20mm 에 해당하는 Ch3, 7, 11, 15의 값을 각각 평균값을 구한 결과 피험자 A, B, C의 경우에는 거리에 따라 유사도가 감소하는 경향을 나타내었으나 D, E의 경우는 오히려 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 8). 측정값의 채널에 따른 표준 편차 역시 피험자 A, B, C에 비해 D, E는 적은 값을 나타내어 전 채널에서 유사한 값이 나타났음을 확인할 수 있었다(Fig. 8).

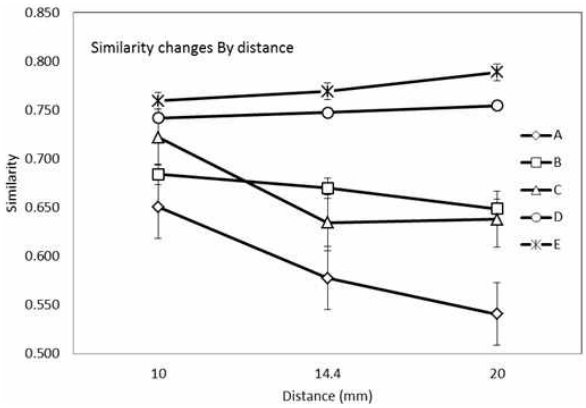

Fig. 8. Bio-potential similarity versus subject according to the distance : 1cm(Average of Ch5, 8, 10, 13), 1.44cm(Average of Ch4, 6, 12, 14), 2cm(Average of Ch3, 7, 11, 15)

피부 표면의 생체 전위는 피하의 근육, 혈관, 지방등 다양한 조직에 의해 영향을 받는다. 이러한 영향을 알아보기 위해 BMI에 따른 전위의 유사도를 평가한 결과 체질량의 증가에 따라 전 채널에서의 유사도가 상승하는 경향을 나타내었으며 통계분석 결과 spearman 상관계수가 0.956으로($0.8 \leq |r|$) 매우 강한 상관관계를 나타내었다($p<0.05$), (Table 1, Fig. 9).

Table 1. Subjects' BMIs and the results of bio-potential similarity.

Subject	Height (Cm)	Weight (Kg)	BMI	Average	Std.
A	175	64	20.9	0.590	0.067
B	176	72	23.2	0.668	0.042
C	178	75	23.7	0.665	0.067
D	171	79	27.0	0.748	0.043
E	174	94	31.0	0.773	0.020

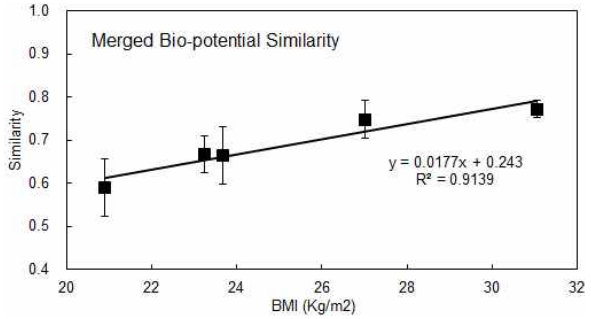

Fig. 9. Bio-potential similarity versus BMI.
The line is trend line.

IV. 고 찰

경락과 경혈에 대한 전기특성의 연구는 다양한 연구자에 의해 시도되어왔다. 그러나 그 재현성에 대해 Ahn등[17]은 아직 증거가 불충분하다고 하였으며 그 원인에 대해 Pearson등[14]은 경혈 탐색의 오차 가능성과, 측정 단자의 크기, 압력, 피부의 습도, 피하의 골격구조 와 측정 지점의 경사도등에 따른 검출기와 피부간의 저항 값의 변화에 따른 오차 가능성 등을 제시하였다. 본 연구에서는 이러한 오차 가능성을 보완하기 위해 전류를 인가하여 저항을 측정하는 방식이 아닌 피부 표면에서 자발적으로 형성되는 전위를 측정하였으며 압력에 따른 저항 값의 변화를 방지하기 위해 피부 표면에 전도성 Gel을 바르고 유연한 재질의 금 도금 전극을 부착하여 측정하였다. 또한 저항 값, 혹은 전위 값의 절대 값에 대한 비교가 아닌 전위 값의 시간에 따른 변이도를 통해 유사성을 비교하고자 하였다. 경혈 탐색 오차 가능성에 대하여는 다채널 전극을 인가하여 중심을 이동하면서 주변 4방향과의 유사도 탐색을 통해 경혈 탐색에 오차가 발생하였을 경우에도 분석 할 수 있는 가능성을 살펴보고자 하였다.

본 연구에서는 피부의 저저항성이라는 정량적인 전기적인 특성을 측정하는 방법에서 벗어나 피부에서 일어나는 전기적 변화가 시간에 따라 어떠한 양상을 보이며 그 양상의 변화도가 경혈로 추정되는 부위와 주변 부위 간에 유사성이 있는지를 통해 경혈부위와 주변 조직간의 상대적 차이점을 살펴보고자 하였다. 이를 위해 외부의 1점을 기준전위로 하여 족삼리와 주변 전위값의 시간에 따른 변화도를 중심으로 분석하기 위해 Smoothing 처리를 하였으며 변화도를 분석하기 위한 대표 값으로 방향성을 선정하였다. 등방향성 변동 비교란 1초 단위의 샘플에 대해 각 채널의 시간 t와 t-1의 변동에 대해 두 채널의 부호를 비교하는 것이다. 만약 A채널에서 t에서의 전위가 t-1에서의 전위보다 크면 A채널에서의 $U_{A_t} - U_{A_{t-1}}$은 양의 값을 갖고 B채널에서 t에서의 전위가 t-1에서의 전위보다 크면 B채널에서의 $U_{B_t} - U_{B_{t-1}}$도 양의 값을 갖고 이 둘의 비교는 동일한 방향으로 움직인 것으로 간주하여 1의 값을 반환한다. 이와 같이 전 샘플 구간에서 두 채널의 전위 변화 방향을 비교하여 같은 방향일 경우 1을 반환하고 다른 방향일 경우 0을 반환한다. 전 샘플의 반환 값을 합산하여 샘플개수로 나눈 값이 본 연구에서 사용한 등방향성 유사도이다. 이 유사도를 적용하면 장시간에 따른 전위 변화의 방향성 유사도를 각 채널별로 비교할 수 있다. 본 연구에서는 경락 유주 방향에서 전위변동의 유사성에서 특이한 점을 발견 할 수 없었는데 이는 고전 경락의 방향에 따라 저항이 낮다는 기존의 결과와 배치된다 할 수 있다. 만일 전기전도도가 경락을 따라 높게 유지된다면 이는 전기적 영향력이 비교적 용이하게 전달될 수 있는 구조를 의미하며 또한 전위변동의 유사성 또한 높게 나올 것이라 추정할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 경락 노선에 해당하는 수직방향에서의 유의한 높은 상관성은 확인되지 않았다.

경혈의 탐색 오차 가능성을 탐색하기 위한 중심 채널의 4방향을 중앙 점으로 간주한 재분석에서 피험자C와E의 경우는 아래쪽인 Ch8이, B와 D의 경우는 뒤쪽에 해당하는 Ch13이 오히려 주변과의 상관도가 높았다. 만일 기존의 연구 결과 등에 제시된바와 같이 경혈이 저 저항 점에 해당한다면

주변저항이 낮고 그로 인해 주변 상관성이 높은 점이 경혈로 추정할 수 있다. 이러한 가설 하에서 검토하였을 때 피험자 C,E 와 B, D는 측정된 지점에 비해 경혈점이 아래, 혹은 뒤쪽에 위치하였을 가능성이 존재한다. 다채널전극은 경혈위치의 선택에 오차가 발생하였을 때에도 대응이 가능하며 또한 전위 변동성의 유사도 평가를 통해 유사한 전기적 특이성을 갖는 피부 표면의 영역을 추정할 수 있다. 그러나 본 연구 결과 BMI가 정상범위를 벗어났을 때 에는 오히려 지방의 영향으로 추정되는 광범위한 유사도가 나타날 수 있음을 확인하였다. 체질량지수는 18.5~22.9는 정상, 23.0~24.9는 과체중, 25.0~29.9는 비만1도, 30.0 이상은 비만2도로 분류한다[18]. 피부에서 측정되는 전위는 피하의 다양한 구조물에서 발생되는 전위의 총합으로 BMI가 증가한다는 것은 피하 지방층의 영향이 커질 수 있음을 나타낸다 할 수 있다. BMI가 정상체중범위인 A와 과체중인 B, C의 경우는 Ch9를 중심으로 멀어질수록 유사도가 낮아지는 일반적인 경향을 나타내었으나 비만에 해당하는 D와 E에서는 오히려 먼 곳에서 유사도가 더 높은 비정상적인 경향을 나타내었다. 이는 피하에 넓은 범위로 존재하며 전위변화에 강력한 영향을 끼치는 구조물이 존재한다는 것을 추정할 수 있으며 이러한 추정은 BMI의 지수에 의해 지지된다고 할 수 있다. 이는 수동 전위측정과 관련한 경락 및 경혈의 생리에 대한 연구에 있어 BMI가 정상범위인 피험자를 대상으로 한 연구가 바람직 할 수 있음을 시사 하며 최 등[19]이 발표한 오수혈 경혈전위의 표준오차가 체간부에 가까워지고 자침깊이가 깊어질수록 증가하였다는 결과와 일맥상통한다 할 수 있다.

본 연구결과는 피험자가 5인에 대해 각 3회씩 총 15번의 측정값만을 분석 대상으로 한 것으로 측정 결과에 대한 해석에 한계점을 갖는다. 또한 유사도 분석 방법에 있어 변화율을 반영하지 못하고 변화 방향만을 대표 지표로 선정하였다는 한계가 있으며 공간해상도 또한 1cm 간격으로 넓은 약점을 갖는다. 그러나 기존의 저항 값을 중심으로 진행되어온 연구가 아닌 시간에 따른 신호의 분석을 경혈 연구에 도입 할 수 있다는 점에 의의를 갖는다 할 수 있으며 향후 보다 엄밀한 연구방법의 개발을 통해 경락연구의 새로운 도구가 마련되기를 기대한다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 경혈과 주변 피부의 생체전위 변화도를 시간에 따라 분석하고 그 상관도 분석을 통해 피부 표면의 전기적 특성을 간접적으로 추정하고, 다채널 전극을 통해 경혈의 탐색오차에 대응할 수 있는 실험방법을 고안해 보고자 하였다. 실험 결과 시간에 따른 신호 분석이 정상체중의 피험자에서 위치와 거리에 따른 감소 경향을 나타내어 가능성을 보였다 할 수 있으며, BMI가 증가함에 따라 피부표면에서 생체전위 유사성이 나타나는 면적이 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 향후 보다 많은 피험자를 대상으로 한 발전된 연구가 진행되기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 한국한의학연구원의 침구경락 표준치료기술 개발(K11010)의 지원을 받아 이뤄진 연구입니다.

참고문헌

1. Lee H, Ernst E. Acupuncture for labor pain management. Am J Obstet Gynecol. 2004 ; 191(5) : 1573-9.
2. Tian SL, Wang XY, Ding GH. Repeated electro-acupuncture attenuates chronic visceral hypersensitivity and spinal cord NMDA receptor phosphorylation in a rat irritable

bowel syndrome model. Life Sci. 2008 ; 83(9-10) : 356-63.
3. Langevin HM, Yandow JA. Relationship of Acupuncture Points and Meridians to Connective Tissue Planes. Anat Rec. 2002 Dec 15 ; 269(6) : 257-65.
4. Langevin HM, Churchill DL, Wu J, Badger GJ, Yandow JA, Fox JR, et al. Evidence of connective tissue involvement in acupuncture. FASEB J. 2002 ; 16 : 872-4.
5. Bai Y, Wang J, Wu JP, Dai JX, Sha O, Yew TW et al. Review of Evidence Suggesting That the Fascia Network Could Be the Anatomical Basis for Acupoints and Meridians in the Human Body. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2011 doi : 10.1155 /2011/260510.
6. Lee BC, Eom KH, Soh KS. Primo-vessels and primo-nodes in rat brain, spine and sciatic nerve. J Acupunct Meridian Stud. 2010 Jun ; 3(2) : 111-5.
7. Lee BC, Yoo JS, Baik KY, Kim KW, Soh KS. Novel threadlike structures (Bonghan ducts) inside lymphatic vessels of rabbits visualized with a Janus Green B staining method. Anat Rec B New Anat. 2005 ; 286 : 1-7.
8. Lee BC, Soh KS. Visualization of acupuncture meridians in the hypodermis of rat using Trypan blue. J Acupunct Meridian Stud. 2010 ; 3 : 49-52.
9. Kim BH. The Kyungrak system. J Jo Sun Med. 1965 ; 108 : 1-38.
10. Zhang WB, Tian YY, Li H, Tian JH, Luo MF, Xu FL et al. A discovery of low hydraulic resistance channel along meridians. J Acup Merid Res. 2008 ; 1 : 20-8.
11. Schlebusch KP, Maric-Oehler W, Popp FA. Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body. J Altern Complement Med. 2005 Feb ; 11(1) : 171-3.
12. Niboyet JH, Mery A. Experimental studies on the meridian line. German Journal of Acupuncture. 1958 ; 7 : 140-3.(In German)
13. Voll R. Twenty years of electroacupuncture diagnosis in Germany. Am J acupuncture. 1975 ; 3(1) : 7-17.
14. Pearson S, Colbert AP, McNames J, Baumgartner M, Hammerschlag R. Electrical skin impedance at acupuncture points. J Altern Complement Med. 2007 May ; 13(4) : 409-18.
15. 손인철, 구성태, 강성길, 김경식, 김용석, 김이화 등. 대한민국 국가표준 경혈위치. 대한경락경혈학회·대한침구학회·한국한의학연구원. 2006.
16. WHO 서태평양 지역사무처. WHO/WPRO 표준 경혈위치. 초판. 서울 : 엘스비어 코리아. 2009.
17. Ahn AC, Colbert AP, Anderson BJ, Martinsen ØG, Hammerschlag R, Cina S, et al. Electrical properties of acupuncture points and meridians: A systematic review. Bioelectromagnetics. 2008 ; 29 : 245-56.
18. 대한비만학회. 임상비만학 제2판. 서울 : 고려의학. 2011 ; 19 : 26.
19. 최선미 외. 침구경락 표준치료기술 개발. 한국한의학연구원. 2010 : 90-4.