

複合電極을 이용한 井穴의 最大皮膚抵抗特性에 관한 研究

최진욱, 최귀원¹⁾, 박영배

경희대학교 한의과대학 기기진단과학교실, 한국과학기술연구원 의과학연구소²⁾

A Study of Skin Resistance of Jeong-Acupuncture Points Using the Compound Electrode

Jin-Wook Choi, Kui-Won Choi¹⁾, Young-Bae Park

Department of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Oriental Medicine, Kyunghee University
Bio-medical research center, Korea Institute of Science and Technology²⁾

Objectives : The purpose of this study is to

1. measure the skin resistance of jeong-acupuncture points using compound electrode, and
2. develop a database of skin resistance based on age and gender.

Methods : The skin resistance of jeong-acupuncture points on the hands and feet of 191 healthy volunteers was measured using a specially designed compound electrode. A constant current of $5\mu A$ was applied to the measurement points and the skin resistance was obtained using amplifier, A/D converter and Acknowledge software program.

Results :

1. ANOVA statistical analysis showed no significant differences between jeong-acupuncture points on hands and feet.
2. Paired samples t-test showed no significant differences between Yin-Yang meridian points.
3. When the data were sorted by gender, factor analysis showed statistically significant differences between male and female groups in all measured points except for left foot.
4. Based on the factor analysis, a significant relationship between the skin resistance and age was found in feet. However, no such relationship was found in hands.

Conclusions : There are differences in skin resistance according to sex and age. Further clinical research is necessary using compound electrode method. (*J Korean Oriental Med* 2003;24(1):100-109)

Key Words: Skin resistance, compound electrode, jeong-acupuncture point

서론

경락현상은 실제 임상에서 환자의 진단 및 치료에 있어 유용하게 사용되어 왔다. 이러한 경락현상의 실제적 확인을 위해 해부학, 조직학적 연구, 동위원소

추적법¹⁾, 피부저항측정법, 적외선 체열촬영법, 진동, 광, 음파의 전도측정법, fMRI^{2,3)}를 이용한 방법 등 많은 연구가 진행 되었으나 이러한 연구들이 경락의 실체를 밝히기에는 미흡한 점이 많았다.

이러한 연구 중 피부의 전기저항을 이용한 연구가 비교적 활발하게 진행되어왔는데 그 대표적인 것으로는 양도락과 EAV(Electro-acupuncture according to Voll)를 들 수 있다. 이 두 방식 모두 전극의 형태와 사용전기량에서 약간의 차이를 보이거나 기본 측정 방

· 접수 : 2002년 12월 13일 · 채택 : 2003년 2월 4일
· 교신저자 : 박영배, 서울시 동대문구 회기동 경희대학교 한의과대학 기기진단과학교실
(Tel. 02-958-9195, E-mail: bmpomid@khu.ac.kr)

식은 정전압을 이용한 2전극법이다. 정전압을 이용한 2전극법은 기기의 제작이 쉽고 측정이 간편한 반면 측정 시에 표피 각질층의 높은 피부 저항을 극복하기 위하여 표피에 수분을 도포해 일정정도 水化시키거나 일정정도의 압력을 가하는 방법을 병용하여야 한다. 그러나 이러한 水化나 압력을 가하는 방법은 그 정도를 정확히 조정하기가 어려운 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 고안된 방법이 4전극법이다. 4전극법에 사용되는 전극은 정전류원 2전극과 전압측정용 2전극, 도합 4개의 전극으로 구성되어 있다. 이러한 기기적 특성으로 인하여 피부의 水化 정도에 따른 측정치의 변화를 감소시킬 수 있으며 압력을 가하지 않고 피부 저항을 측정할 수 있는 장점을 가지게 된다. 그러므로 2전극법으로 측정시 발생하는 피부 水化, 압력과 관련된 여러 문제점을 해결할 수 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 4전극법을 이용한 경락 관련연구는 기기제작의 어려움과 적용의 어려움으로 인하여 아직 국내외적으로 별다른 연구가 진행된 것이 없다.

4전극법을 이용하여 측정한 피부저항을 진단에 이용하기 위해서는 기본적으로 건강인의 성별, 연령대별 기준이 마련되어야 하고 또한 각각의 병증에 대한 경혈별 피부저항 측정치가 연구되어야 한다. 따라서 본 연구는 4전극법을 이용한 경혈의 피부저항 측정이 진단에 이용되기 위한 기초연구로서 건강인을 대상으로 성별, 연령대별, 左右手足別 피부저항 특성을 분석하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

연구 방법

1. 대상

연구 대상은 2002년 1월 2일부터 2002년 3월 15일까지 191명(남 98명/여 93명)의 건강한 지원자를 대상으로 하였으며, 다음과 같은 병증이나 증상을 가진 자는 제외하였다.

- 1) 당뇨, 고혈압과 같은 만성 성인병
- 2) 복통, 설사, 변비 등의 뚜렷한 소화기계 증상 및 질환

- 3) 골절 등의 뚜렷한 외과적 질환
- 4) 기침, 객담, 발열 등을 수반하는 각종 호흡기계 질환자
- 5) 12시간 이내의 음주자, 1시간이내의 흡연자
- 6) 수면부족이나 기아상태에 있는 자
- 7) 피부질환
- 8) 기타 병증을 치료하기 위하여 1가지 이상의 약물을 복용중인 자

2. 측정 방법

피검자는 기온 20-23℃, 습도 45-60%의 조용한 실실에서 검사 전 10분간 양발을 벗은 상태에서 안정을 취한 후 의자에 앉은 상태로 측정을 받았다. 양손 양발의 井穴을 각각 20초간 측정하였으며 측정순서는 오른손, 왼손, 오른발, 왼발순서로 하였다. 각각의 井穴에 가해진 정전류는 5 μ A였으며, 측정된 전압은 프리앰프에서 2배로 증폭하여 기록하였다.

3. 측정 도구

1) 기기

본 실험에 사용된 정전류원은 입력전압 12V이며 0.5, 1, 2, 5, 10 μ A의 정전류를 낼 수 있다. 전압 측정용 프리앰프는 사용전압 6V, 입력전압 4.5V, 출력전압 9V이다. 측정전극은 폭 4mm, 두께 0.8mm의 황동을 둥근 형태로 가공하여 100mA*s/cm²로 AgCl 도금을 하여 제작하였다. 이렇게 제작한 4개의 전극을 폭 5mm안에 배치하는 방식으로 전체 측정전극을 제작, 측정하였다.(Fig. 1, 2)

2) A/D converter

A/D converter는 MP100A(BIOPAC System, U.S.A.)를 사용하였다. Acquisition rate는 500Hz로 하였으며, 변환된 디지털 신호는 PC로 보내진 후 AcqKnowledge software version 3.2.2(BIOPAC System, U.S.A.)를 통하여 기록, 변환되었다.

4. 측정 지표

본 연구에서는 각 경혈에서 측정된 피부 저항 최대치를 측정지표로 삼았다.

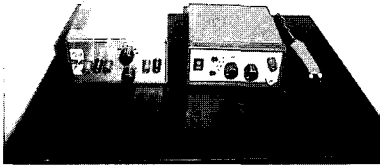


Fig. 1. Measurement equipment

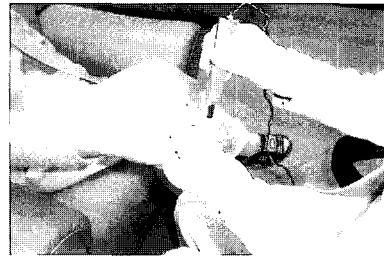


Fig. 2. Measurement scene

Table 1. Measurement Points of Hands and Feet

Hand		Foot	
LU	Jeong-acupuncture point of lung meridian	SP	Jeong-acupuncture point of spleen meridian
LI	Jeong-acupuncture point of large intestine meridian	LR	Jeong-acupuncture point of liver meridian
PC	Jeong-acupuncture point of pericardium meridian	ST	Jeong-acupuncture point of stomach meridian
TE	Jeong-acupuncture point of triple energizer meridian	GB	Jeong-acupuncture point of gallbladder meridian
HT	Jeong-acupuncture point of heart meridian	KI	Symmetrical point of BL in a little toe
SI	Jeong-acupuncture point of small intestine meridian	BL	Jeong-acupuncture point of bladder meridian

5. 측정 부위

手部에서는 肺經, 大腸經, 心包經, 三焦經, 心經, 小腸經의 井穴을 측정하였다.

足部에서는 脾經, 肝經, 胃經, 膽經, 膀胱經의 井穴을 측정하였다. 腎經의 경우는 足5指 內側의 爪甲根角 1分 부위를 측정하였다.(Table 1)

6. 통계분석

각 井穴 피부저항의 차이를 분석하기 위해 분산분석(ANOVA)를 사용하였으며, 음양 경락에 따른 피부저항의 차이를 알아보기 위해 paired sample's t-test를 사용하였다.

성별에 따른 피부저항의 차이를 알아보기 위해 요인분석을 실시하여 手, 足 부위에 따른 井穴 피부저항의 주성분을 추출한 후 unpaired sample's t-test를 사용하여 성별에 따른 피부저항 차이를 분석하였다. 연령에 따른 피부저항의 변화를 알아보기 위해 요인분석을 실시하여 각각의 井穴 피부저항의 주성분을 추출한 후 단순상관분석(simple Pearson's correlation analysis)과 단순회귀분석(simple regression analysis)을 사용하여 연령과 피부저항과의 상호관계를 분석하였다. 성별에 따른 피부저항의 차이를 보다 명확히

하기 위해 연령을 제어인자로 한 일원 공분산분석(analysis of covariance, ANCOVA)과 다변량 분산분석(multivariate analysis of variance, MANOVA)을 사용하였다.

측정 데이터의 통계분석은 SPSS 8.0(SPSS, Inc. U.S.A.)를 사용하였다.

결 과

1. 手部 및 足部 井穴의 피부저항

1) 手部 井穴의 피부저항

手부에 있어서 井穴의 피부저항값은 SI점이 가장 큰 저항특성을 나타냈으며, LU점-LI점-HT점-TE점-PC점 순으로 높은 저항특성을 보였으나 경락에 따른 井穴의 피부저항의 차이를 분석하기 위해 분산분석(ANOVA)를 한 결과 통계적인 유의성은 없었다 ($F=1.011$, $df=5$, $P=0.410$). (Table 2)

2) 足部 井穴의 피부저항

足부에 있어서 井穴의 피부저항은 KI점이 가장 큰 저항특성을 나타냈으며, LR점, BL점, GB점, ST점, SP점 순으로 높은 저항특성을 보였으나 경락에 따른 井穴 피부저항의 차이를 분석하기 위해 분산분석

(ANOVA)을 한 결과 통계적인 유의성은 없었다 (F=1.021, df=5, P=0.535). (Table 3)

2. 陰陽經에 따른 左右手足 井穴의 피부저항

陰陽經에 따른 左右手足 井穴 피부저항의 차이를 알아보기 위해 paired sample's t-test를 하여 陰經과 陽經간의 피부저항을 비교하였으나, 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

3. 성별에 따른 부위별 井穴 피부저항 특성

성별에 따른 부위별 피부저항 특성을 알아보기 위해 요인분석을 실시하여, 手足, 左右별 부위에 따른 井穴 피부저항의 주성분을 추출하였다. 그 결과 手, 足, 左, 右에 따라 총 4개의 성분이 추출되었다.

이 성분들을 성별에 따라 비교하기 위하여 unpaired samples t-test를 실시한 결과 右側 手部성분 (P=0.0155), 左側 手部성분(P=0.0127), 右側 足部성분 (P=0.0212)에서 모두 성별에 따라 유의한 차이가 관찰되었으나, 左側 足部성분(P=0.0564)에서는 유의한

차이가 관찰되지 않았다. (Table 4, Fig. 3)

4. 연령에 따른 부위별 井穴 피부저항 특성

연령에 따른 부위별 井穴 피부저항 특성을 알아보기 위해 요인분석을 실시하여, 手足, 左右, 陰陽經에 따른 井穴 피부저항의 주성분을 추출하였다. 그 결과 手, 足, 左, 右, 陰, 陽經에 따라 총 8개의 성분이 추출되었다.

이 성분들을 연령에 따라 비교하기 위하여 단순상관분석(simple Pearson's correlation analysis)과 단순회기분석(simple regression analysis)을 실시한 결과 右側 足部 陰經성분(r=-0.2432, P=0.0011), 右側 足部 陽經성분(r=-0.2132, P=0.0032), 左側 足部 陰經성분(r=-0.2654, P=0.0002), 左側 足部 陽經성분(r=-0.2762, P=0.0013)이 연령과 유의한 陰의 상관관계를 나타냈다.(Fig. 4-7) 그러나 右側 手部 陰經성분(r=0.0231, P=0.7809), 右側 手部 陽經성분(r=0.0801, P=0.3211), 左側 手部 陰經성분(r=0.0978, P=0.2045), 左側 手部 陽經성분(r=0.0486, P=0.5096)은 연령과 유의한 상관

Table 2. Skin Resistance Values of Jeong-Acupuncture Points at Hand

Measurement Point	Skin Resistance(100kΩ)
LU	1.7945±1.0083*
LI	1.7557±1.1755
PC	1.6250±1.0887
TE	1.7058±1.2079
HT	1.7494±1.1329
SI	1.8698±1.0861

+: Values are mean±standard deviation.

Table 3. Skin Resistance Values of Jeong-Acupuncture Points at Feet

Measurement Point	Skin Resistance(100kΩ)
SP	1.7054±1.1048*
LR	1.8114±1.0981
ST	1.6417±1.1933
GB	1.7843±1.2387
KI	1.9033±1.2701
BL	1.7929±1.0314

+: Values are mean±standard deviation.

Table 4. Sex-Related Differences of Skin Resistance Components

	Skin resistance components	
	Male(n=98)	Female(n=93)
Rt. Hand	0.1865±0.8745*	-0.1634±0.9532*
Lt. Hand	0.1845±1.1564	-0.1606±0.8435*
Rt. Foot	0.1784±1.0775	-0.1743±0.9452*
Lt. Foot	0.1576±0.8563	-0.1338±0.9987

+: Values are mean±standard deviation.

*: P<0.05 compared male with female by unpaired samples t-test.

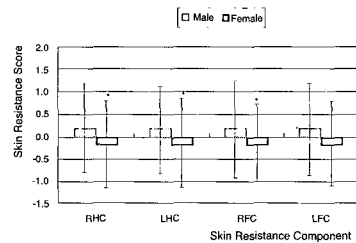


Fig. 3. Sex-related differences of skin resistance components RHC indicates right hand component; LHC, left hand component; RFC, right foot component; LFC, left foot component.

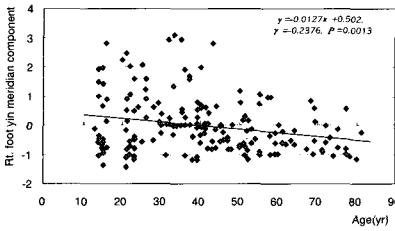


Fig. 4. Relationship between Rt. foot yin meridian component and age Rt. foot yin meridian component(Y) decreased with age(X); $Y = -0.0131X + 0.4912$ ($r = -0.2342$, $P = 0.0011$)

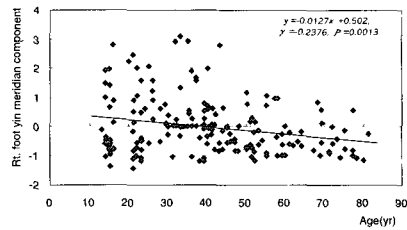


Fig. 5. Relationship between Rt. foot yang meridian component and age Rt. foot yang meridian component(Y) decreased with age(X); $Y = -0.0129X + 0.4578$ ($r = -0.2132$, $P = 0.0032$)

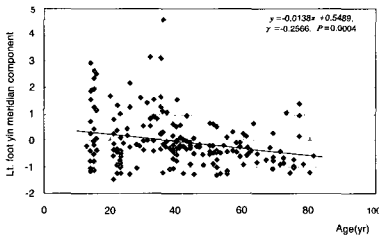


Fig. 6. Relationship between Lt. foot yin meridian component and age. Lt. foot yin meridian component(Y) decreased with age(X); $Y = -0.0154X + 0.5229$ ($r = -0.2654$, $P = 0.0002$)

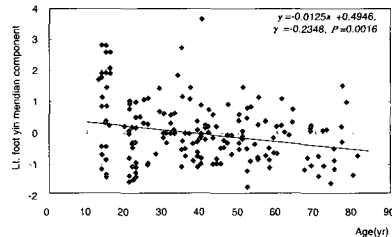


Fig. 7. Relationship between Lt. foot yang meridian component and age. Lt. foot yang meridian component(Y) decreased with age(X); $Y = -0.0138X + 0.5124$ ($r = -0.2762$, $P = 0.0013$)

Table 5. Bivariate Pearson's Correlation Analysis

	Age	
Rt. Hand Yin Meridian Component	r	0.0231
	P	0.7809
Rt. Hand Yang Meridian Component	r	0.0801
	P	0.3211
Lt. Hand Yin Meridian Component	r	0.0978
	P	0.2045
Lt. Hand Yang Meridian Component	r	0.0486
	P	0.5096
Rt. Foot Yin Meridian Component	r	-0.2432**
	P	0.0011
Rt. Foot Yang Meridian Component	r	-0.2132**
	P	0.0032
Lt. Foot Yin Meridian Component	r	-0.2654**
	P	0.0002
Lt. Foot Yang Meridian Component	r	-0.2762**
	P	0.0013

** : $P < 0.01$

관계가 관찰되지 않았다.(Table 5)

따라서 연령증가에 따라 足部 피부저항은 전반적으로 점차 감소하는 경향을 보였으나, 手部 피부저항에서는 뚜렷한 경향성이 관찰되지 않았다.

5. 성별과 연령에 따른 피부저항 특성

성별, 연령과 피부저항간의 관계를 보다 명확하게 하기 위해 연령을 제어인자로 한 다변량 분산분석을 실시한 결과, 手部 피부저항성분들에 있어서 右側 手部 피부저항성분은 성별에 따라 유의한 차이가 관찰되었으며(Sex: RHMC, $F = 4.9130$, $df = 1$, $P = 0.0237$), 左側 手部 피부저항성분에서는 성별에 따라 유의한 차이는 관찰되지 않았으나 근사한 차이를 나타냈다(Sex: LHMC, $F = 3.6434$, $df = 1$, $P = 0.0583$). 그러나 연령에 따른 변화는 인정되지 않았다(Age: RHMC, $F = 1.5963$, $df = 1$, $P = 0.2473$; LHMC, $F = 2.2265$, $df = 1$, $P = 0.1321$). 반면에 足部 피부저항성분들에 있어서는 연령에 따른 유의한 변화는 인정되었으나(Age: RFMC, $F = 9.9673$, $df = 1$, $P = 0.0020$; LFC, $F = 13.5634$, $df = 1$, $P = 0.0003$), 성별에 따른 차이는 인정되지 않았다(Sex: RFMC, $F = 2.4301$, $df = 1$, $P = 0.1103$; LFC, $F = 2.0383$, $df = 1$, $P = 0.1853$). (Table 6)

Table 6. Multivariate Analysis of Variance of Skin Resistance

		Rt. Hand	Lt. Hand	Rt. Foot	Lt. Foot
Skin Resistance Component	Male	0.1210 ±0.9453+	0.0892 ±0.9573	0.0925 ±1.0121	0.1119 ±0.9816
	Female	-0.1731 ±1.0622	-0.6726 ±0.8921	-0.1632 ±0.9027	-0.1467 ±1.038
Age	<i>F</i>	1.5963	2.2265	9.9673	13.5634
	<i>df</i>	1	1	1	1
	<i>P</i>	0.2473	0.1321	0.0020	0.0003
Sex	<i>F</i>	4.9130	3.6434	2.4301	2.0383
	<i>df</i>	1	1	1	1
	<i>P</i>	0.0237	0.0583	0.1103	0.1853

+: Values are mean ± standard deviation.
Box's M=15.9352, F=1.5110, df1=10, df2=142021, P=0.0937

고찰

인체의 여러 생리현상중 하나인 피부의 전기적 특성을 이용한 인체에 관한 연구는 대략 150여 년 전부터 시작되었다. 그 기원이 되는 연구는 1849년 독일의 DuBois-Reymond의 실험으로서 이 실험에서는 양손, 양발을 모두 황산아연 용액에 넣은 후 전류가 한쪽의 사지에서 다른 한쪽으로 흐르면서 손, 발이 스스로 수축되는 것이 관찰되었다⁴⁾.

이후 피부의 전기적 특성에 미치는 한선의 영향이 1878년 hermann과 Luchsinger의 실험⁵⁾에서 처음 발견되었으며 피부의 전기현상에 가장 큰 영향을 미치는 것은 한선의 역할이라는 것이 주지의 사실로 인정되고 있다.

1950년 대 이후 이루어진 오실로스코프, 폴리그래프 그리고 고도로 통합된 증폭기술의 발전으로 인해 생리학과 정신생리학의 연구에 쓰이는 장비들이 비약적으로 발전하였다. 그 결과 피부전기에 관한 기본적인 연구와 각종 응용분야에 관한 연구가 많이 늘어나게 되었다. 이중 주목할만한 연구로는 Wang G.H.와 Edelberg, R.의 연구를 들 수 있다. Wang⁶⁾은 고양이와 중추신경의 여러 부위에 상처를 내는 실험을 통해 EDA에 미치는 중추신경의 기전에 대한 연구에 많은 기여를 했으며, Edelberg⁷⁾는 EDA의 구성 요소들에 각각의 생리학적 측면을 최초로 설명하였

다. 이러한 피부의 전기활동 특성에 관한 일련의 연구는 의학 분야에서 정신과학분야에서 많이 응용되었다⁸⁾.

최근에는 교류를 이용한 EDA의 측정에 관심이 집중되고 있다. 교류를 이용한 EDA의 측정의 경우 단순한 피부저항 뿐만 아니라 피부의 capacity 성분까지도 분석해낼 수 있어 피부의 정확한 임피던스를 분석해낼 수 있는 장점이 있다. 그러나 교류의 경우 주파수에 따라서 동일 인체 조직의 임피던스가 변화하는 등의 문제점이 존재한다. 그러나 향후 피부 전기현상의 연구는 직류보다는 교류를 응용하는 방법으로 발전해나갈 것으로 사료된다⁹⁾.

또 다른 방면으로 이러한 피부 전기현상을 외부로부터의 자극에 대한 반응으로 보기보다는 내부 장기나 신체의 기능상태의 변화를 반영하는 한가지 지표로 보고 진행한 연구들이 있다.

이러한 연구는 1950년대부터 시작되었는데 그 대표적인 예는 양도락¹⁰⁾과 EAV(Electro-acupuncture according to Voll)¹¹⁾를 들 수 있다. 그밖에도 러시아의 피부활동점학과, 일본의 피부전기점학과와 일부 유럽과 러시아, 일본등지에서 산발적인 연구들이 있었으나 뚜렷한 연구 성과를 보이지는 못하였다¹²⁾.

중국의 경우 1980년대 중반부터 피부전기현상과 경락현상간의 상관성을 연구하는 모습들이 보이기 시작했다. 陳日新¹³⁾은 porters분석방법을 이용하여 心

經의 전박 부분에 상대적인 저전기 저항과 높은 capacitor 특성이 있다는 것을 제시하였다. 包風芝¹⁴⁾ 등은 심혈관계통과 정신의식방면의 질병은 心經, 心包經의 경락 전기저항울의 이상변화로 나타나며 폐경 전기저항울의 변화는 호흡계통질병, 예를 들면 폐결핵, 폐렴, 만성기관지염과 비염 등 환자들한테서 많이 나타나고 만성 신염, 소화계통 질병, 기관지염, 부정맥, 신경쇠약 등 환자들은 삼초경의 측정점에서 전기저항울의 변화가 비교적 많이 나타났다고 하였다. 楊云碧¹⁵⁾ 등은 肺經, 胃經의 오수혈과 耳穴, 비혈위점의 전기저항 측정을 통해 혈위의 저전기 저항특성과 신체의 여러 가지 상태 하에서의 경혈의 피부저항이 서로 틀리는 반응을 보임을 보고하였다. 王彩虹¹⁶⁾ 등은 혈위의 Volt-ampere 곡선형태의 정성 관찰 결과 위하수 환자군의 충양, 음릉천, 추삼리와 양구 4개 穴의 관상면적이 정상인보다 뚜렷하게 크며, 특히 양구혈의 경우 Volt-ampere 곡선의 면적 또한 정상인군보다 뚜렷하게 크다고 하였다.

인체 조직은 각각의 조직학적 특성에 따라 전기적 저항이 상이하게 나타난다. 인체조직의 저항률은 조직의 특성에 따라 차이를 보이기는 하지만 일반적으로 조직의 수분함량에 반비례한다.¹⁷⁾ 피부저항은 피부를 제외한 여러 가지 외부 인자에 의하여 영향을 받는다. 그 대표적인 것이 연령, 성별, 기온, 습도, 인종, 하루 중 측정시간, 1년 중 측정시간 등을 들 수 있다.¹⁸⁾ 그밖에도 측정 전극의 형태, 재질, 측정전류의 주파수, 전압, 전류량 등도 피부저항에 영향을 주는 인자들이다. 일반적으로 피부저항은 연령이 증가할수록 증가한다.¹⁹⁾ 그밖에 피부저항에 영향을 주는 인자는 온도^{20, 21)}와 하루중의 시간²²⁾, 계절의 변화²³⁾ 등을 들 수 있다.

일반적으로 체표에서 발생하는 거의 모든 전기 현상은 한선의 영향인 것으로 알려져 있다. 그러나 한선의 분비를 억제하고 침 자극을 준 후에도 피부의 저항이 의미있게 변화되었다는 보고도 있다.²⁴⁾ 여러 연구를 종합적으로 판단해보면 결국 경락현상이 어떠한 형태로 피부의 전기적 특성의 변화에 간여한다는 것을 알 수 있다. 이러한 변화를 좀 더 객관적이고

정확하게 알아내기 위한 연구가 필요하다 할 수 있다.

현재 국내에서는 양도락과 EAV가 의료보험에 채택되어 널리 쓰이고 있다. 그러나 양도락의 경우는 일단의 시작이 경락의 연구를 위하여 시작된 것이 아니라 단순히 전기적 양도점을 대상으로 하여 자율 신경조절을 목적으로 하여 연구가 진행되었기 때문에 실질적으로 임상에 큰 도움이 되지는 못하고 있는 상태이다. EAV의 경우는 측정 방법이 비교적 까다롭고 대표적인 측정점이 전통적이 경락 체계와 상당한 차이점을 가지고 있어 현실적으로 임상에 활용하기가 어렵다는 문제점을 가지고 있다.

이러한 현실적인 문제점의 해결을 위하여 4전극법을 이용한 경혈의 피부 저항측정을 제안하게 되었다. 4전극법은 전류를 흘리는 2개의 전극과 전압을 측정하는 2개의 전극으로 구성된다. 4개의 전극을 순서대로 E1, E2, E3, E4라고 하였을 때 E1에서 E4로 정전류를 흘리고 E2와 E3사이에서 전압을 측정하여 피부 저항을 측정하게 되는 것이다. 이렇게 4전극 중 2개의 전극으로 전류를 흘리고 2개의 전극으로 전압을 측정하면 표피 각질층의 상대적으로 큰 저항에 적은 영향을 받으면서 표피 각질층의 내부 저항을 측정할 수 있다.²⁵⁾ 이때 4전극을 체표의 넓은 부위에 부착하지 않고 직경 1cm 미만의 부위에 4전극을 모두 부착할 경우 측정되는 피부 저항은 전극의 접촉 저항과 표피 각질층의 고저항이 아닌 각질층의 피부저항에 해당하게 된다.

4전극법을 통한 피부저항측정으로 기대되는 장점은 다음은 3가지로 요약할 수 있다. 첫째는 피부의 수화 정도에 따른 측정치의 변화를 감소시킬 수 있다. 피부저항은 표피 각질층의 수화 정도에 따라 큰 영향을 받는다. 그러나 이상적인 정전류원은 피부 건조도에 따라 흐르는 전류량이 변화하지 않으므로 이러한 문제점을 해결할 수 있다. 둘째는 압력을 가하지 않고 피부 저항을 측정할 수 있다. 4전극법의 경우는 단지 전극이 접촉될 수 있는 최소한의 압력만이 필요하므로 측정 압력에 의한 경혈의 변화로 생기는 문제점을 최소화 할 수 있다는 장점이 있다. 셋째는 여러 측정 점을 동시에 측정할 수 있다. 4전극

법의 경우 전극을 패치형태로 제작할 경우 여러 측정 점을 동시에 측정할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점은 향후 경락과 관련된 연구의 진전에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 5 μ A의 전류량을 사용하였다. 이것은 전류량이 이 이상 커질 경우 측정 자체가 하나의 자극이 될 수 있기 때문이다.

측정 점의 경우 手, 足部 모두 각 경락의 井穴을 측정하였다. 그러나 足少陰腎經의 井穴인 용천혈의 경우 해부학적 구조가 여타 井穴과 확연히 다른 관계로 足少陰腎經이 기시되는 足5指에서 방광경 井穴의 반대쪽인 內側 爪甲根角 1分 부위를 측정 점으로 삼았다.

본 연구에서 井穴을 측정할 결과 남성의 피부저항이 여성의 피부저항보다 큰 것으로 관찰되었다. 또한 足部の 경우에 한정된 것이기는 하지만 피검자의 연령과 피부저항이 반비례하는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 기존의 2전극법 관련 연구와는 상이한 점이 있는 결과이다. 기존의 연구 결과는 대부분 피검자의 연령과 피부저항이 비례하는 것으로 나타났다. 성별과 피부저항의 경우는 성별이 피부저항에 영향을 일부 미치기는 하나 그 차이는 미미한 것으로 통계적으로 의미있는 수준은 아닌 것으로 알려져 있다. 이러한 기존의 결과에 영향을 미치는 원인은 피부표피층의 건조도, 한선의 영향, 피내의 림프, 혈행의 변화 등이 추측되어왔다. 그러나 본 연구 결과 연령이 증가함에 따라 표피 각질층하부에서의 변화는 오히려 저항이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 성별 역시 手部的 경우는 통계적으로 의미있는 수준으로 피부저항에 영향을 미치는 것으로 관찰되었다. 이러한 원인으로는 먼저 연령의 경우 이것은 피부의 구조적 변화에 기인하는 것으로 사료된다. 4전극법의 특성상 측정치에 영향을 주는 주요인자는 표피층하부의 진피층의 차이 또는 변화를 들 수 있다. 이러한 변화가 手部보다 足部에 더 크다는 것은 연령이 증가함에 따라 手, 足 모두에 생기는 표피하부의 진피층의 변화 외에 足部에 手部和 다른 어떤 영향인자가 있다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 足部の 경우

手部와는 다르게 직립과 보행 등으로 인하여 지속적인 자극을 받으며 외부적으로는 늘 신발에 싸여있는 점이 手部와는 큰 차이가 된다. 즉 직립 상태로 인한 足部 자극과 신발 등에 의한 피부에 지속적 자극으로 발생한 足部の 변형이 이러한 결과의 원인으로 추측되는 바이다.

성별에 따른 피부저항의 경우 비록 左側 足部가 통계적으로 의미있는 수준은 아니었으나 비교적 높은 상관성을 보였으며($P=0.0625$) 左右 手部和 右側 足部の 경우 의미있는 차이를 보인 것은 주목할 만하다. 향후 연구에 성별의 차이에 관한 고려사항의 기준을 마련한 것은 중요한 점으로 생각된다. 그러나 그 차이가 연령에 의해 발생한 차이로 보정한 경우 사라지는 것으로 보아 성별에 의하여 발생하는 차이는 연령에 의해 발생하는 차이에 비하면 미미한 수준이라고 볼 수 있다.

비록 그 원인을 정확히 밝히지는 못하였지만 본 연구에서 제시한 연령, 성별 등에 관한 기준치를 바탕으로 경혈과 피부저항의 상관성에 관한 심도 깊은 연구가 지속적으로 진행되기를 기대해본다.

결론

4전극법을 이용한 성별, 연령별, 左右 手足別 井穴의 피부저항을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 手部 및 足部 井穴의 부위에 따른 피부저항을 분석한 결과 手部는 SI점-LU점-LI점-HT점-TE점-PC점 순으로, 足部는 KI점-LR점-BL점-GB점-SP점-ST점 순으로 높은 저항특성이 관찰되었으나 手部($F=1.011$, $df=5$, $P=0.410$)와 足部($F=1.021$, $df=5$, $P=0.535$) 모두 통계적으로 의미 있는 차이가 관찰되지는 않았다.
2. 陰陽經에 따른 左右 手足 井穴의 피부저항의 차이를 알아보기 위해 陰經과 陽經간의 피부저항을 비교하였으나, 유의한 차이는 관찰되지 않았다.
3. 성별에 따른 부위별 피부저항 특성을 알아보기 위해 手足, 左右별 부위에 따른 井穴 피부저항의 주성분을 추출하여 비교한 결과 右側 手부성분

($P=0.0155$), 左側 手部성분($P=0.0127$), 右側 足部 성분($P=0.0212$)에서 모두 성별에 따라 유의한 차이가 관찰되었으나, 左側 足부성분($P=0.0564$)에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

- 연령에 따른 부위별 피부저항 특성을 알아보기 위해 手足, 左右, 陰陽經에 따른 井穴 피부저항의 주성분을 추출하여 비교한 결과 右側 足部 陰經 성분($r=-0.2432$, $P=0.0011$), 右側 足部 陽經 성분($r=-0.2132$, $P=0.0032$), 左側 足部 陰經 성분($r=-0.2654$, $P=0.0002$), 左側 足部 陽經 성분($r=-0.2762$, $P=0.0013$)이 연령과 유의한 陰의 상관관계를 나타냈으나 右側 手部 陰經 성분($r=0.0231$, $P=0.7809$), 右側 手部 陽經 성분($r=0.0801$, $P=0.3211$), 左側 手部 陰經 성분($r=0.0978$, $P=0.2045$), 左側 手部 陽經 성분($r=0.0486$, $P=0.5096$)과는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다.
- 성별, 연령과 井穴의 피부저항과의 관계를 보다 명확하게 하기 위해 연령을 제어인자로 한 다변량 분산분석을 실시한 결과, 右側 手部 피부저항 성분은 성별에 따라 유의한 차이가 관찰되었으며($Sex: RHMC$, $F=4.9130$, $df=1$, $P=0.0237$) 足部 피부저항성분들에 있어서는 연령에 따른 유의한 변화가 인정되었다.($Age: RFMC$, $F=9.9673$, $df=1$, $P=0.0020$; LFC , $F=13.5634$, $df=1$, $P=0.0003$)

참고문헌

- Tiheriu T. Do Acupuncture Meridians Exist? Radioactive Tracer Study of the Bladder Meridian. *Am J Acupuncture*. 1981;9(3):132-7.
- Cho ZH. New finding of the correlation between acupoints and corresponding brain cortices using functional MRI. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1998;95(5):2670-3.
- Hui KK. Acupuncture modulates the limbic system and subcortical gray structures of the human brain. *Hum Brain Mapp*. 2000;9(1):13-25.
- Wolfram B. *Electrodermal Activity*. Now York:Plenum

- press. 1992:1-7.
- Neumann E, Blanton R. The early history of electrodermal research. *Psychophysiology*. 1970;6:453-475.
- Wang GH. Suprasegmental inhibition of an autonomic reflex. *Journal of neurophysiology*. 1956;19:564-572.
- Edelberg R. *Biophysical properties of the skin*. New York:Wiley & Sons. 1971:519-551.
- Wolfram B. *Electrodermal Activity*. Now York:Plenum press. 1992:217-369.
- Florian S, Wolfram B. Comparison of electrodermal constant voltage and constant current recording techniques using the phase angle between alternating voltage and current. *Psychophysiology*. 2000;37:85-91.
- 한국한의학회. 전기적 특성을 이용한 경락 시스템 연구(1). 서울:한국한의학회. 1998:37-40.
- Reinhold V. Twenty years of electroacupuncture diagnosis in germany. *Am J Acupuncture*. 1975;3(1):79-85.
- 王本濕. 國外對經絡穴位電學特性的研究近展. *中國鍼灸*. 1984;14(2):43-48.
- 陳日新. 心經前臂區段電學兩絡抵抗的波特分析. *中國鍼灸*. 1987;17(6):26-30.
- 包風芝. 經絡,經穴電抵率變化與臟腑疾病相關的分析. *中國鍼灸*. 1984;14(3):19-22.
- 楊云碧. 穴位電學特性的觀察. *中國鍼灸*. 1985;15(3):20-22.
- 王彩虹. 胃下垂患者穴位伏安曲絡的定性定量分析. *中國鍼灸*. 2000;20(7):413-415.
- Faes TJC. The electric resistivity of human tissues(100 HZ-10MHZ):a meta- analysis of review studies. *Physiol. Meas*. 1999;20:R1-R10.
- 이인혜. 정신생리학. 서울:학지사. 1997:215-241.
- Julia JT, Lam FMK, Pesus C. Clinical application of the EDST. *IEEE Engineering in medicine and biology*. 1996;15:23-9.
- Cornish BH. Effect of temperature and sweating on bioimpedance measurements. *Appl. Radiat. Isot*. 1998;49(5/6):475-476.
- Michael TCL. Skin temperature and skin blood flow affect bioelectric impedance study of female fat-free mass. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000;32(1):221-227.
- 劉豫淑. 五輪穴電抵值在十二時辰中變化的研究. *中國鍼灸*. 1997;17(7):401-402.
- Ingrid N, Stig O. Electrical impedance measurements at

- different skin sites related to seasonal variations. *Skin Research and Technology*. 2000;6:81-86.
24. 박경모. 국소마취에 의한 발한 억제 상태에서 침 자극이 인체 전기 저항에 미치는 영향. 대한침구학회지. 2001;17(4):123-8.
25. 우응제. Skin impedance measurements using simple and compound electrodes. *Med. & Biol. Eng. comput.* 1992;30:97-102.