

원저

국소마취에 의한 발한 억제 상태에서 침자극이 인체 전기 저항에 미치는 영향

박경모

경희대학교 전자정보학부 한방시스템공학과

Abstract

Influence of Acupuncture Stimulation on Electrical Resistance under Adiahoresis Induced by Regional Anaesthesia

Kyung-Mo, Park

**Department of Oriental Medical System Engineering, School of Electronics and
Information, Kyung Hee University**

Objectives : When sweating factor is excluded, to know the influence of acupuncture stimulation on electrical resistance.

Methods : Regional anaesthesia(Lidocane 2%, 1ml, Subcutaneous injection) is applied to measured regions, 4cm round area including left Neiguan P6. So we can make adiahoresis. Before and after acupuncture stimulation to Laogong P8, we measured the electrical resistance of anesthetized left Neiguan P6, anesthetized non-acupoint, normal left Ximen P4, and normal right Neiguan P6. For measurement, we use the 1.2V, DC system that has 100k Ω internal resistance

Results : Under the adiahoresis, Acupuncture stimulation makes the significant decrease of electrical resistance. In normal regions, so does it.

Conclusions : When the acupuncture stimulation is applied to human body, the decrease of electrical resistance is due not only to sweat secretion but also to other internal resistance.

Key words : Acupuncture; Electrical Resistance; Sweat; Anesthesia, Regional; Adophoresis

- 접수 : 2000년 11월 3일 · 수정 : 11월 11일 · 채택 : 11월 15일
- 교신저자 : 박경모, 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1 경희대학교 전자정보학부 한방시스템공학과 (Tel: 031-201-2979)

I. 서론

체표 전기저항의 측정은 의학적 진단에 아직 광범위하게 사용되고 있지 않으나 심리적 상황의 분석이나 자율신경의 문제를 살펴보기 위한 발한량(發汗量) 측정, 비만 여부를 알아보기 위한 체성분 분석, 임피던스 단층촬영술(impedance tomography)에 사용되고 있다. 특히 한의학에서는 1950년 일본의 나카다니(中谷義雄)가 인체 표면의 저저항점(低抵抗點)이 경혈(經穴)과 일치한다는 보고를 한 이래 경혈 또는 경맥이 체표의 다른 부위에 대해 상대적으로 낮은 저항을 갖는다는 보고가 여러 차례 이루어져 경혈 및 경맥의 저항 특성에 대해 많은 연구자들이 관심을 기울이고 있다.^{1),2)}

또한, 경락과 경혈의 자체적인 저저항 특성 이외에도 침자(鍼刺)의 생리적 영향을 평가하기 위한 실험으로 침자극 후에 전기 저항이 저하되는 것으로 보고되고 있다.^{3),4),5)} 그러나, 침자극 후 전기저항의 저하가 어떤 기전으로 일어나는지에 대해서는 명료하게 밝혀진 바가 없으며, 오히려 침의 기전과는 별도로 발한(發汗)에 의해 전기저항이 저하되는 것이라는 주장들이 있다.⁶⁾ 실제로 발한은 감정적인 변화에 아주 예민하고 반응하는 지표이며, 자침시에도 발한 현상이 일어나기 때문에 전기 저항의 저하를 유발하게 된다.

반면, 땀샘이 분포하고 있지 않은 집토끼의 귓바퀴에서 전기저항을 측정한 결과 발한과는 관계없이 전기적인 저저항점이 있다고 보고한 결과도 있으나⁷⁾ 인체에 있어서 침자극 전후의 전기저항 변화가 발한으로 인한 것인지에 다른 기전이 존재하는지에 대해서는 아직 보고된 바가 없다.

이에 본 실험에서는 발한 이외에 인체의 전기저항에 미치는 인자가 존재하는지 알아보고자, 리도케인(Lidocaine)을 이용하여 측정부위의 신경을 차단

시켜, 땀샘의 발한 기능을 억제시킨 후 침자극 전후의 전기저항의 변화를 측정하였다.

II 대상 및 방법

1. 대상 및 처치

20~25세의 건강한 남녀 15명을 대상으로 국부 마취를 통한 교감신경 차단, 침자극, 측정을 실시하였다.(온도 23℃~25℃, 습도 30%~50%, 오후 3~6시)

교감신경의 차단은 좌측 내관 근처 직경 4cm 정도 부위를 2% 리도케인 1ml를 주사하여 국소마취시켰다. 침(직경 0.25mm, 길이 40mm, 동방침구사)은 노궁(勞宮, Laogong P8)에 약 15mm 자입하였으며, 진침(進鍼) 후 시계방향으로 2Hz 정도로 득기(得氣)를 얻을 때까지 약 10여 번 염침(捻鍼)하였다. 측정은 마취 전, 마취 직후, 마취 후 10분, 침자극 후(마취 후 13분), 침자극 후 10분(마취 후 23분), 발침 후 5분(마취 후 30분)에 각각 좌측 내관(內關, Neiguan P6), 좌측 내관 오골 측 1cm 비경혈점, 좌측 극문(郛門, Ximen P4), 우측 내관의 전기저항을 측정하였다.

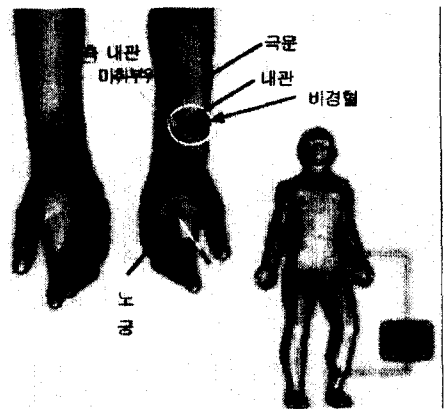


Fig 1. Anesthetized region, acupuncture stimulation region, and measurement points(left-upper), reference electrode(right-down)

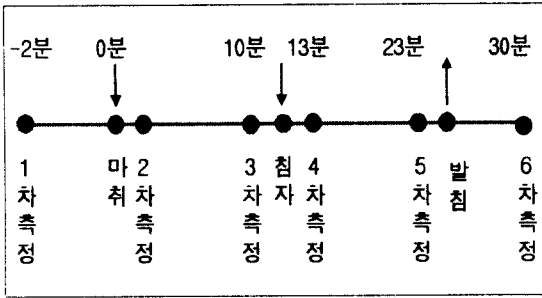


Fig 2. Process of Experiment

2. 측정 시스템과 측정 전극

전기저항 측정에는 내부 저항 100kΩ을 가진 1.2V 직류 전원을 인가하고, 피실험자의 하퇴 내측에 3M社에서 제작한 일회용 은-염화은 전극 (Red-Dot™)을 부착하여 참고전극으로 사용하였고, 양손 전완(前腕) 내측부위의 각 측정 지점에는 황동전극을 사용하였다. 은-염화은 전극의 부착면 지름은 약 2cm, 황동전극의 지름은 약 3.5mm였다.

측정시 전극의 상황은 4개의 측정 부위를 처음에는 건식(乾式) 전극으로 측정하고 연이어 전극에 전도성 젤(gel)을 묻혀 습식(濕式) 전극으로 하여 측정하였으며, 습식 측정용 전극과 건식 측정용 전극은 분리해서 사용하였다. 또한, 습식 전극 측정시 피부표면에 묻은 전도성 젤이 다음 측정에 오차를 유발할 것을 대비해 알콜 솜으로 깨끗하게 닦아 내었다. 각 측정마다 통전 시간은 매 지점에서 약 5초로 하였으며 피부에 가한 압력은 약 1Kg 정도를 유지하였다.

계측에 사용된 시스템의 회로는 아래와 같으며, R_s 는 실험대상의 전기저항을 의미하는데 여기에는 전극과 피부표면의 접촉저항과 인체 저항을 포함하고 있다.

$$R_s = \frac{V}{A} - R_i$$

- R_s : 측정 되는 저항값
- R_i : 측정 시스템 내부저항
- V : 전압
- A : 전류

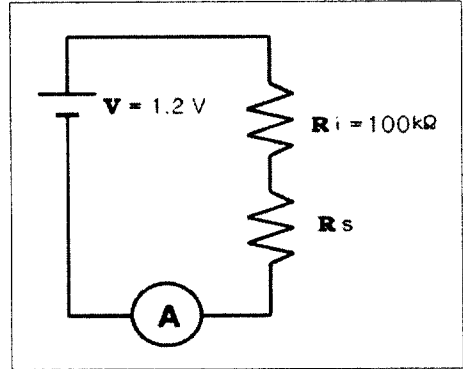


Fig 3. Circuit of measurement system. R_i : internal resistance, R_s : resistance of subject which is included in human resistance and contact-resistance of electrodes

3. 자료 처리

PC용 프로그램 ACCESS 2000 (Microsoft社)를 이용하여 평균, 표준편차, 추세, 쌍있는 T검정 (Paired T-Test) 등을 실시하였다.

III. 결 과

1. 건식 전극의 결과

건식 전극을 사용하여 측정한 결과, 마취된 부위인 좌측 내관과 비경혈에서 침자극 후에 전기 저항의 하강이 있었다($P < 0.01$). 그리고 비마취 부위인 극문과 마취되지 않은 대측 내관도 전기 저항의 하강이 있었다($P < 0.01$).

그 밖에 마취전과 마취 직후를 비교할 때 대체적으로 저항이 떨어지나 극문을 제외하고는 통계적 유의성은 없으며, 마취 직후와 마취 10분 후를 비교해보면 마취 부위인 내관과 비경혈점은 발한의 억제로 전기저항이 상승하였으며, 비마취 부위인 극문과 대측 내관도 마취가 되어 있지 않은 부위인데도 전기저항의 상승을 보였다.

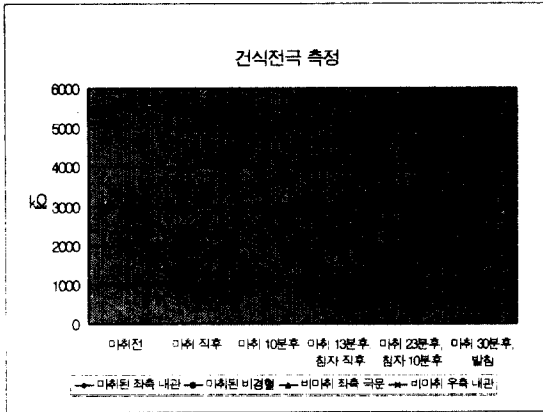


Fig 4. Mean values measured by dry electrode which is not applied electrolyte gel

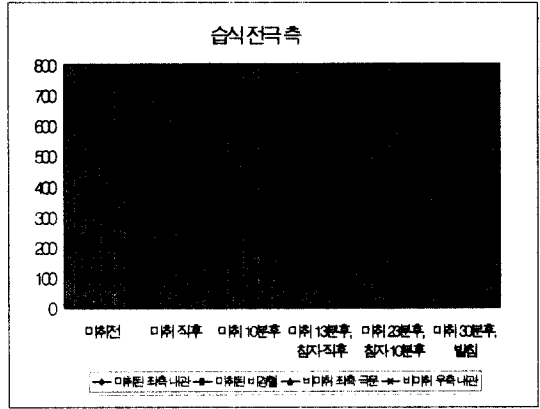


Fig 5. Mean values measured by wet electrode which is applied electrolyte gel

Table 1. Result of Measurement by Dry Electrode(kΩ). Values are Mean ± S.D.

	Pre-Anae	Just post- pnae	10min post-anae	Just post-stim	10min post-stim	post-pull
Neiguan P6 (Anesthetized)	2082 ± 3269	731 ± 1039	2733 ± 3408*	291 ± 244†	587 ± 366	1337 ± 2760
Non-acupoint (Anesthetized)	2274 ± 2736	2094 ± 3408	5090 ± 4322*	534 ± 838†	2141 ± 2827	1892 ± 2960
Ximen P4 (Not-Anesthetized)	2865 ± 3276	659 ± 607	1311 ± 1477*	297 ± 280†	734 ± 1176	379 ± 487
Neiguan P6 (Not-Anesthetized)	2418 ± 3205	1459 ± 2627	3079 ± 3778*	362 ± 363†	1679 ± 2825	1294 ± 2731

Pre-anae : before Anaesthesia

Just post-anae: just after Anaesthesia

10min. post-anae: 10min. after Anaesthesia

Just post-stim : 13min after Anaesthesia(Just after acupuncture stimulation)

10min post-stim : 23min. after Anaesthesia(10min. after acupuncture stimulation)

Post-pull : 30min. after Anaesthesia(5min after pulling acupuncture)

* P<0.05 different between Just post-anae and 10min. post-anae.

† P<0.01 different between 10min. post-anae and Just post-stim.

2. 습식 전극의 결과

습식 전극을 사용하여 측정한 결과, 마취된 부위인 좌측 내관과 비경혈에서 침자극 전후에 전기 저항의 저하가 있었다(P<0.05). 그리고 비마취 부위인 극문과 마취되지 않은 대측 내관도 전기 저항의 변화가 있었다(P<0.05).

반면, 습식전극에서는 마취 직후와 마취 10분 후를 비교할 때 전기저항의 유의성 있는 변화를 보

이지 않았다. 이것은 습식 전극이 마취부위와 비마취 부위의 발한량에 의한 접촉 저항의 차이를 보정해주는 것으로 보인다.

IV. 고찰

1. 국소마취와 발한(發汗)의 관계

리도카인이 대표적인 국소 마취제일뿐 아니라, 작

용이 신속하고, 반감기가 1.5시간으로 지속시간이 비교적 길며, 표면 마취 작용도 강력하여 침윤 마취에서도 일상적으로 사용하고 있다. 리도카인은 나트륨 통로를 차단하거나 세포막을 팽창시켜 신경세포의 나트륨 이동을 억제함에 따라 신경을 차단하게 된다.⁸⁾

국소마취제에 의해 신경이 차단되었을 때 가장 먼저 차단되는 것이 교감신경이며, 이에 따라서 혈관이 수동적으로 확장되고 땀샘에서의 땀의 분비가 억제된다. 특히 땀은 자율 신경중에서도 교감신경에 의해서만 활성화되는 것으로 알려져있다. 이 때문에 리도카인은 다한증(多汗症) 치료나 혈행순환장애로 인한 통증에 치료제로서 사용되기도 한다.⁹⁾

2. 인체 전기저항 측정과 발한(發汗)

의학이나 심리학에서는 인체의 전기저항을 측정하여 심리적인 변화 상황 등을 객관적으로 측정하는데 사용하고 있다.¹⁰⁾ 즉, 발한은 심리적인 변화나 통증을 잘 반영하는 것 중에 하나이며, 발한을 측정하기 위한 간단한 방법이 피부의 전기 저항을 측정

하는 것이다. 따라서, 현재 많은 경락연구자들이 주장하는 침자극 후 전기 저항의 하강은 침자극 시 생기는 피실험자의 긴장이나 통증에서 기인하는 것이라고 볼 수도 있다.

따라서, 침자극이 인체의 전기 저항을 하강시키는 것이 단지 발한에 의해서라고 한다면, 침자극의 기전을 연구하는데 전기저항을 측정해보는 것은 별다른 도움이 되지 않을 것이다.

이러한 맥락에서 볼 때 침자극과 전기저항 간의 연구를 위해서는, 침자극이 발한 이외에도 인체내 다른 변화를 유발하여 인체 전기저항이 변화하도록 한다는 점을 먼저 밝혀야 할 것이다. 본 연구자는 이러한 점에 착안하여 침자극 전후에 전기저항을 측정하는 측정부위를 마취를 통하여 발한을 억제한 후에 실험을 하였다.

3. 측정시 관여되는 저항 성분의 통제

따라서, 측정값에 영향을 미칠만한 인자들을 고려하기 위해서 기존의 인체 저항에 대한 등가모델을 정리하였다. Fig 6.은 피부에 부착된 표면전극, 젤,

Table 2. Result of Measurement by Wet Electrode. Values(kΩ) are Mean ± S.D.

	Pre-Anae	Just post-pnae	10min post-Anae	Just post-stim	10min post-stim	post-pull
Neiguan P6 (Anesthetized)	677 ± 1226	229 ± 175	278 ± 321	189 ± 193†	135 ± 87	120 ± 77
Non-acupoint (Anesthetized)	671 ± 1235	218 ± 196	287 ± 336	193 ± 226†	120 ± 95	116 ± 73
Ximen P4 (Not-Anesthetized)	583 ± 840	186 ± 164	281 ± 360	167 ± 176†	108 ± 94	95 ± 69
Neiguan P6 (Not-Anesthetized)	551 ± 841	184 ± 177	272 ± 391	176 ± 193	127 ± 118	111 ± 92

Pre-anae : before Anaesthesia

Just post-anae: just after Anaesthesia

10min. post-anae: 10min. after Anaesthesia

Just post-stim : 13min after Anaesthesia(Just after acupuncture stimulation)

10min post-stim : 23min. after Anaesthesia(10min. after acupuncture stimulation)

Post-pull : 30min. after Anaesthesia(5min after pulling acupuncture)

† P<0.05 different between 10min. post-anae and Just post-stim.

그리고 피부를 포함하는 등가회로로서 그림의 오른쪽 등가회로의 각 소자들은 왼쪽의 그림에서의 실제 대상들과 같은 위치에 그려져 있는 것이다.¹¹⁾

본 연구자는 논의를 진행을 위해 R₁, R₂, R₃로 저항 성분을 크게 3부분으로 나누었다. 즉, R₁은 전극의 접촉 저항 성분, R₂는 표피와 진피 그리고 심부 저항 성분, R₃는 땀샘과 관(ducts)의 저항성분으로 구분하였다. 참고로 본 연구에서는 직류를 통전하여 실험하였기 때문에 정전용량(Capacity) 성분은 고려하지 않아도 대과(大過)가 없다.

본 실험의 측정값은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$R_s = R_1 + \frac{R_2 + R_3}{R_2 \times R_3}$$

R_s: 측정되는 저항값

본 실험에서 R₁를 통제하기 위해서 건식 전극과 습식 전극을 사용하였고, R₃를 통제하기 위해서는

국소마취를 사용하였다. 이러한 방법을 통해 R₁과 R₃를 통제된 상태에서 R₂에서의 변화량을 동정(同定)할 수 있었다.

R₁ 성분은 전극과 표피 사이의 접촉성, 젤이나 오염물질 등과 같은 매개물의 전도성 등과 관계되어 있다. 즉, 건식 전극은 전도성 젤을 바르고 측정하는 습식 전극보다 큰 저항 성분을 가지고 있다. 본 실험에서도 건식 전극과 습식 전극에 의한 측정값을 살펴보면 그 절대값에 차이가 있음을 알 수 있다(Fig 4, 5).

R₃ 성분은 땀샘과 부속되어 있는 관(duct)인데, 땀샘에서 땀을 분비할 때, 땀이 전도성이 좋기 때문에 저항은 작아지게 된다. 본 실험에서도 마취 시 땀이 분비되지 않고 따라서 전기저항이 상승하며, 아취 시술 당시에도 마취 '시술' 자체가 주는 통증에 의해서는 땀이 분비되어 저항이 하강하는 것을 볼 수 있었다(Fig 7, 8).

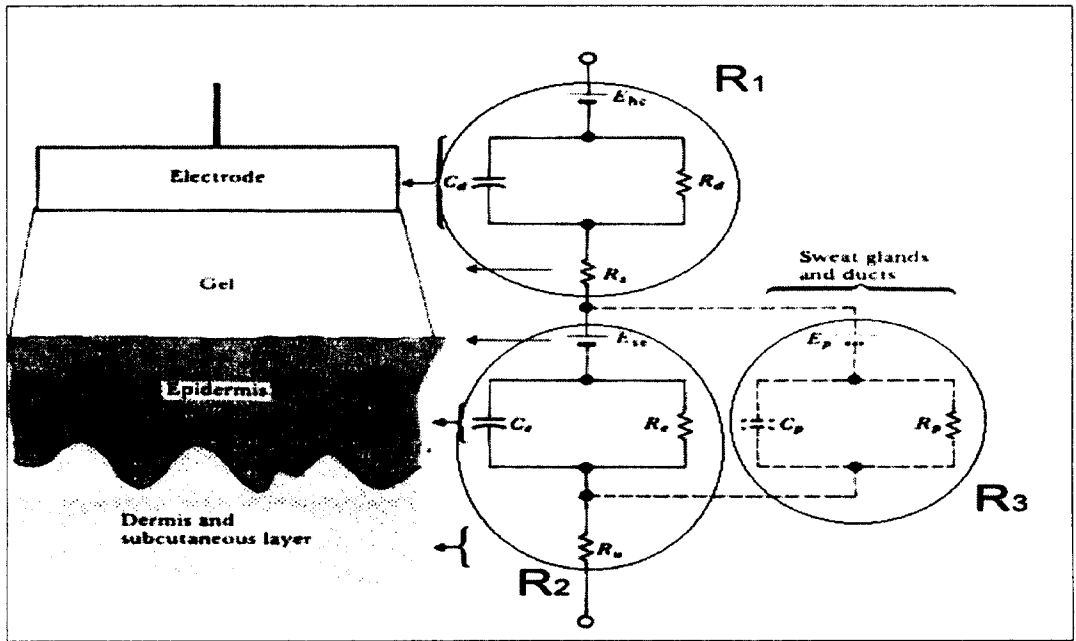


Fig 6. Electrical equivalent circuit including a body-surface electrode, electrolyte gel, and skin surface

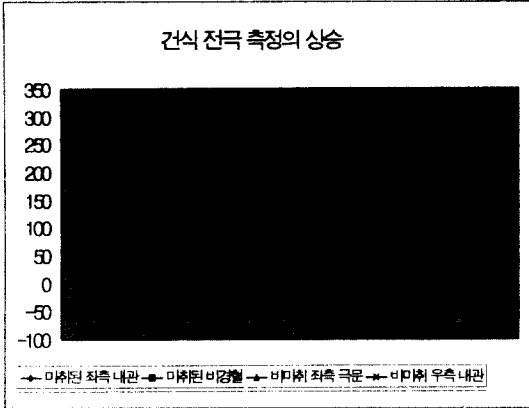


Fig 7. Ascending Ratios of values which is measured by dry electrode

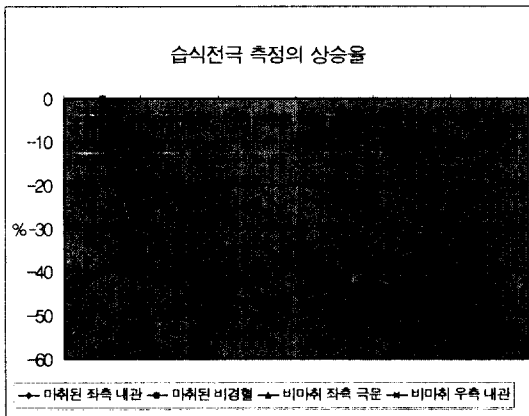


Fig 8. Ascending Ratios of values which is measured by wet electrode

그런데, 습식 측정의 경우 마취직후와 마취 10분 후를 비교할 때 유의성 있는 변화를 보이지 않았다. 이것은 습식 전극이 R₁ 즉, 접촉저항 성분 뿐 아니라 땀샘의 관이 피부 표면에 개구(開口)되어있는 부분까지 영향을 미쳐 R₃ 성분에도 동시에 영향을 미치는 것에 기인하는 것 같다.

4. 가설을 통한 결과의 해석

본 연구자는 실험 전에 아래와 같은 가설을 세웠다.

가설 A : 만약, 침자극이 R₂[표피, 진피, 심부 저항] 성분에 영향을 미치지 못한다면, 인위적으로 발汗을 억제한 상태에서는 침자극 전후에 전기 저항의 변화가 없을 것이다.

그리고 가설 A가 참인 경우에는 어떻게 실험 결과가 나올 것인지 아래와 같이 예측하였다. 이때 마취 25분 이후로는 마취 효과가 떨어져 약간의 발汗이 생길 것으로 예측하였다.

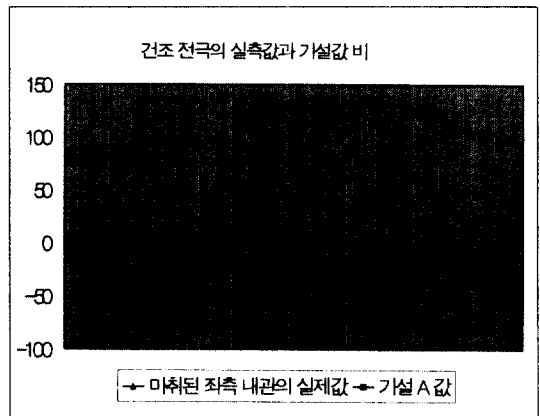


Fig 9. Actual values and hypothesis A values (when dry electrode)

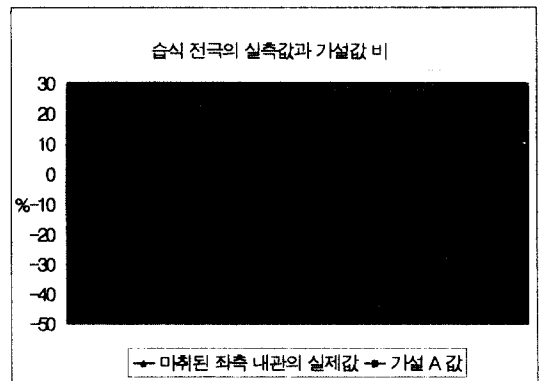


Fig 10. Actual values and hypothesis A values (when wet electrode)

그런데, 두 가지 점에서 실험 결과는 가설에 의한 예측과 크게 달랐다.

첫째, 침자극 전후에 건식 측정이나 습식 측정 둘 다 전기 저항의 커다란 통계적으로 유의성 있는 하강이 있었다. 이 점은 가설 A를 받아들이지 않을 수 있는 증거가 된다. 따라서, 침자극은 R₂에 영향을 미칠 수 있다는 간접적인 증거를 확보할 수 있었다.

둘째, 마취 부위와 마취되지 않은 부위의 마취나 침자극에 대한 전기 저항값의 변화가 다를 것으로 생각되었으나, 대측 내관의 경우 마취된 좌측 내관과 거의 같은 변화를 보였으며, 통계적으로 유의하지는 않지만 유사한 변화를 보였다. 이 점은 추후에 더욱 조사해보아야 할 점이다. 본 실험에서 침자극한 부위나 측정된 부위가 모두 수권음심포경(手厥陰心包經)이기 때문에 경락에 의한 영향을 배제할 수 없다.

5. 실험의 한계점과 제언

첫째, 본 실험은 '마취 시술 과정'을 가지고 있는데, 마취 시술자체가 가지는 통증요인은 예측이 가능하나, 마취로 인한 신경차단이 인체 전기 저항에 주는 영향은 불분명하다. 다만, 인체 전기저항의 측면에서 볼 때 가장 우세한 영향은 땀이며, 리도카인 마취액의 국부 저류, 혈행의 증가 등으로 인한 전기 저항의 변화는 미미하다고 알려져 있으며 실험 설계 상 본 실험의 결과를 왜곡시키지는 않는다. 다만, 마취 자체가 침자극의 인체에 대한 영향을 왜곡시킬 수 있을 것이다. 이 부분에 대한 추후 부가적인 조사가 필요할 것으로 보인다.

둘째, 본 연구자의 주장을 더욱 확증하기 위해서는 '마취 상태에서 침자극을 했을 때, 실제로 마취 부위에서 발한이 생기지 않는다'는 본 실험의 전제를 실험적으로 확인해볼 필요가 있다.

세째, 본 실험은 약 35분의 실험 과정을 실시간으로 계속 측정하는 것이 아니고 각 시점들에서 측정

한 것이다. 따라서, 추후에는 좀 더 자세한 변화를 조사하기 위해 실시간으로 계속 측정하도록 해야할 것이다.

V. 결 론

침자극 후 인체 전기 저항의 하강이 발한을 포함한 제 3의 다른 인소에 의해서 유발됨을 보이기 위해, 국소마취를 통해 측정부위의 발한을 억제시킨 후 침자극 전후의 인체 전기 저항의 변화를 측정하였다.

실험 결과, 건식 전극과 습식 전극 모두 마취 후 발한이 억제 된 상태에서 침자극이 인체 전기 저항을 하강시키는 것을 관찰할 수 있었다.

이를 통해 본 연구자는 침자(鍼刺)가 발한 이외의 다른 기전에 의해서 전기 저항을 하강시킨다는 간접적인 증거를 얻을 수 있었다.

VI. 참고문헌

1. Milburn MP. Bioelectromagnetics: Implications for oriental medicine and acupuncture. *Americal Journal of Acupuncture*. 1995;23(1):53~62
2. 장경선, 나창수, 소철호. 鍼刺로 誘發시킨 經氣變化의 機器的 測定可能性 研究. *대한침구학회지*. 1995;12(2):399~415
3. Zhang W, Xu R, Zhu Z. The influence of acupuncture on the impedance measured by four electrodes on meridians. *Acupunct Electrother Res*, 1999;24(3~4):181~188
4. 胡翔龍, 包景珍, 馬延芳. *中醫經絡現代研究*. 北京: 人民衛生出版社. 1990:183~195
5. Chiou SY, Chao CK, Yang YW. Topography of low skin resistance points(LSRP) in rats. *American Journal of Chinese Medicine*.

- 1998;26(1):19~27
6. Kwok G, Cohen M, Cosic I. Mapping ac-upuncture points using multi channel device. *Australas Phys Eng Sci Med*, 1998; 21(2):68~72
 7. Kawakita K, Kawamura H, Keino H, Hongo T, Kitakohji H. Development of the low impedance points in the auricular skin of experimental peritonitis rats. *Am J Chin Med*, 1991;19(3~4):199~205
 8. 대한마취과학회 편저. 마취과학 개정판. 서울:여문각. 2000:179~187
 9. 차영덕, 윤건중. 통증클리닉. 서울:군자출판사. 1995:6~7, 20~21
 10. Wolfram Boucsein. *Electrodermal Activity*. New York:Pleumun. 1992
 11. 의공학 교육연구회 역. *의용계측공학*. 서울:여문각, 1993:275~277