

내관 전침 자극이 뇌파의 상관 차원에 미치는 영향 - 정보전달 모드도해 분석법을 중심으로 -

홍승원¹ · 황배연¹ · 이상룡¹

¹우석대학교 한의과대학 경혈학교실

The Effect of Electroacupuncture at the PC6 (*Naegwan*) on the correlation dimension of EEG

Seung-Won Hong¹, Bae-Yun Hwang¹, Sang-Ryong Lee¹

¹Dept. of Meridian & Acupoint, college of oriental Medicine, Woosuk University

Abstract

The aim of this study was to examine the effects of electroacupuncture(EA) at the PC6 (*Naegwan*) on normal humans using KarhunenLoeve decomposition method.

Electroencephalogram(EEG) is a multi-scaled signal consisting of several components of time series with different dominant frequency ranges and different origins. EEG KarhunenLoeve decomposition method exhibit site-specific and state-related differences in specific frequency bands. In this study, KarhunenLoeve decomposition method was used as a measure(D2) of complexity. 30 channel EEG study was carried out in 10 subjects (10 males; age=21.4±0.5 years).

Results : We found that the average values and standard deviations of D2 at FP1, FP2, FTC1, FTC2, TT1, TT2, T4, TCP1, P3, P4, T6, OZ channel (P<0.05) were higher than during the acupuncture treatment, and the average values and standard deviations of D2 at F3, F8 channels(P<0.05) were lowered than during the acupuncture treatment. However, the comparison with that before and after the treatment shows no significant differences in all channels.

Key words : Electroacupuncture, EEG, PC6 (*Naegwan*), Complexity, KarhunenLoeve decomposition method, correlation dimension

I. 서 론

독일의 정신과 의사였던 Hans Berger는 사람과 사람사이의 생각이나 감정을 전달할 수 있는 정신에너지가 존재한다고 확신을 하고 있었으며, 이 정신에너지를 움직이는 힘의 본질을 탐구하기 위하여 뇌파를 이용하였다. 처음에는 Ein-

thoven type의 string galvanometer를 사용하였으나, 1926년 Siemens社의 성능이 우수한 이 중코일 방식의 galvanometer를 이용하여 뇌파를 기록하였다. 1929년 이 장비와 nonpolarizable pad electrodes를 이용하여 인간의 뇌 표면에서 자발적 전기활동을 최초로 기록하고 이를 EEG (Electroencephalogram)라고 명명하였다. 그 후 뇌파는 신호처리분야의 발전과 뇌 활동의 변화를 시간적 공간적으로 파악하는 수단으로서

· 교신저자: 이상룡, 전북 완주군 삼례읍 우석대학교 경혈학교실,
Tel. 063-290-1563, E-mail: lisr@korea.com

활발히 연구되어져 왔다¹⁾.

뇌 부위에서 표출되는 생체신호분석에 대한 연구는 매우 다양하게 이루어지고 있다^{2,3)}. 그 중에서도 EEG를 이용한 연구는 두피에 전극을 부착하여 측정하는 것이므로 인체에 아무런 해를 주지 않는다는 이점과 실시간 두뇌활동에 대한 정보를 제공해 준다는 장점 때문에 무작위 잡음신호 등의 문제에도 불구하고 그 이용가치는 증대되고 있다.

경락학설은 한의학 기본이론의 하나로 장부학설과 함께 인체의 생리활동, 병리변화 및 상호연계를 연구하는 학설이다. 이것은 역대 의가들이 장기간의 임상효과를 통하여 경험되어진 생명현상을 계통적으로 정립한 것으로서 한의학의 생리 병리 진단 치료에 있어서 중요한 이론적 근거가 되며 특히 침구치료의 기초 이론이다⁵⁾.

이러한 경락의 실체와 원리 규명에 대한 관심이 집중되면서 다양한 실험적 연구가 진행되어 왔는데 대체로 형태학적 전기생리학적 생물물리학적 측면에서의 연구와 침구치료의 임상 효과에 대한 연구가 주종을 이루고 있는 실정이다⁶⁾.

장⁶⁾은 내관과 간사등 수혈음심포경의 완관절 부근의 경혈을 이용하여 stress, 진통, 혈청 변화에 미치는 영향을 실험보고 했으며, 조⁷⁾는 침자극이 대뇌피질의 활성화에 영향을 미친다고 발표한 바 있으며, 이⁸⁾, 박²⁾ 등은 침자극과 뇌와의 상관관계를 실험적 연구를 통하여 보고한 바 있다.

본 실험에서는 수혈음심포경(手厥陰心包經)의 낙혈(絡穴)로서 각종 심장질환을 비롯하여 정신신경계 및 일체의 내장질환에 통용되는 내관에 전침 자극을 준 후에 나타나는 뇌전위를 측정하고 EEG 상에서의 정보 전달 정도를 정량화 할 수 있는 Karhunen-Loeve 분해법을 도입하여 뇌파 변화를 상관 차원(correlation dimension) 분

석으로 관찰하였다^{9,10)}.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

전북 완주에 위치한 우석대학교 한의과대학 한의학과 1학년 남학생을 대상으로 선발하였다. 모든 대상자들은 신체적 또는 정신과적 질환이 없는 건강한 상태였다. 모든 대상자들에게 검사 2주일 전부터 약물사용을 제한하였고 음주는 1주일 전부터 제한하였으며 검사 전날에는 특별한 활동을 하지 않고 일상생활을 유지하도록 하여 실험에 영향을 줄 수 있는 다른 요인들을 가능한 조절하도록 하였다. 실제로 10명의 대상자의 뇌파를 수집하여 그 데이터를 최종적으로 사용하였다.

2. 연구방법

실험은 조명을 어둡게 한 검사실에서 측정전 30분간 안정을 취하게 한 후에 검사를 시행하였다. 침은 길이 4cm, 굵기 0.3mm의 호침(행림서원 의료기)를 사용하였으며, 전기자극은 Cefar-Acus II(Hipoland, Sweden)를 사용하였다. 경혈의 취혈은 腕橫紋上二寸에 위치한 내관(PC6)을 취하였으며¹¹⁾, 자침은 지속시간 180 μ s 주파수 80Hz 최대전류 1mA를 15분간 자극을 양측에 지속적으로 주었다³⁾.

1) 뇌파기록

머리에 부착하는 전극의 배치는 국제 뇌파 및 임상 뇌대사 학회연맹에서 추천하는 국제 10-20시스템^{12,13)}을 따라서 30개의 도금된 전극(F3, F4, F7, F8, Fp1, Fp2, FTC1, FTC2, Fz, T3, T4, T5, T6, TCP1, TCP2, TT1, TT2, C3, C4, CP1, CP2, Cz, P3, P4, Po1, Po2, Pz O1, O2,

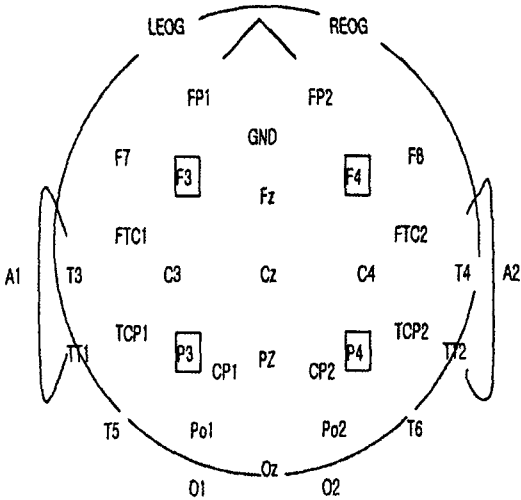


Figure 1. 국제 뇌파 및 임상 뇌대사 학회 연맹에서 추천하는 10-20시스템 전극 배치도

Oz)을 사용하였다(Figure 1). 뇌파측정기는 Neuronics(MIRAE engineering, KOREA)를 사용하였다. 모든 뇌파 신호는 잔류 근전도의 활성도를 제거하기 위하여 1~35 Hz에서 여과하였고 기준전극은 양측의 귓볼에 연결한 A1, A2로 하였다.

뇌파의 측정은 편안하게 누운 채로 눈을 가볍게 감았지만 잠이 들지 않은 상태를 유지한 후 뇌파를 측정하기 위하여 electrode cap(Electro-Cap, USA)을 피험자의 머리에 국제 10-20 시스템 전극법의 위치에 맞게 씌웠다. 뇌파 아날로그 신호를 출력 단자에 연결된 개인용 컴퓨터에 설치한 아날로그-디지털 전환기를 통하여 디지털 신호로 바꾸어 epoch 단위로 컴퓨터에 저장하였다. 저장된 자료는 200 epoch(1 epoch = 1초) 동안 256 Hz의 표본 추출 속도로 연속적으로 디지털화 시키는 프로그램을 이용하여 수집하였다.

피험자들은 모든 실험 과정에서 자침 전, 후로 구분하여 뇌파를 2회 측정하였다.

2) 자료분석

자침 전후의 뇌파의 변화를 알아보기 위하여 10명의 대상자를 자침 전과 후로 구분하여 측정하였다. 수집된 뇌파의 신호는 epoch(1초)로 끊어서 Fast Fourier Transformation(FFT)을 하고 난 후에 비선형 분석 방법 중의 하나인 상관차원(correlation dimension) 분석을 하였다. 상관차원 분석은 Complexity 1.0(LAXTHA Co., KOREA)를 사용하였고, 자침 전과 후 그룹간의 차이를 통계프로그램 SPSSWIN(version 10)을 이용하여 Wilcoxon의 부호화 순위검정¹⁴⁾으로 통계결과를 얻었다.

상호 정보량¹⁵⁾

정보이론은 1947년 Shannon의 중요한 업적을 시작으로 발전해왔다¹⁶⁾.

상호정보량은 계 S의 측정이 계 Q의 불확실 정도를 얼마나 낮추느냐의 정도를 나타낸다. 이는 self-information($I(x_n) = -\log P(x_n)$)의 개념에서 도입되었다. 평균 self-information은 entropy H로 표기된다. 이때 계 S와 Q의 상호 정보량 $I(Q, S)$ 는 아래와 같이 주어진다.

$$I(Q, S) = H(Q) + H(S) - H(S, Q) = \sum_{s,q} p(s,q) \log_2 \left[\frac{p(s,q)}{p(s)p(q)} \right]$$

여기서 $H(S, Q)$ 계와 S와 Q를 동시에 측정했을 때의 불확실 정도이다. $p(s)$ 는 계 S의 신호 s의 확률분포 함수이고, $p(q)$ 는 계 Q의 확률분포, $p(s,q)$ 는 두개의 계를 동시에 측정했을 때의 확률분포 함수를 나타낸다.

정보전달 모드 도해

새로운 정보전달 모드 도해는 Karhunen-Loeve 분해법을 이용하여 만들었다.

(1) Karhunen-Loeve 분해법

Haken(1996)의 표기법에 따라 Karhunen-Loeve 분해법을 살펴보면 특징은 나누어지는 주요 basis로부터 시공간적으로 변하는 시계열 데이터의 정성적인 특징을 모두 꼬집어낼 수 있다는 점이다.

관찰하는 양이 $V_k(t)$ 와 같이 한 개의 성분일 경우에는 이러한 유형분석이 그다지 의미가 있지 않지만 여러 성분을 가지는 벡터를 이용한 유형분석은 각 성분 사이에서의 관계를 볼 수 있어 의미 있는 결과를 얻을 수 있다.

k 라는 인덱스로 표시되는 한 지역에서 측정된 시계열 신호를 $V_k(t)$ 라고 하자. 여러 지역에서 측정된 스칼라들을 하나의 벡터의 성분으로 구성된 다차원 벡터 $\bar{V}(t)$ 는

$$\bar{V}(t) = \{V_k(t)\} \quad (k=1,2,\dots,16) \quad (1)$$

이며 우리의 EEG의 경우는 30차원을 가지는 벡터이다.

이 시계열을 이용하여 주 동역학 성분에 해당하는 단위 벡터를 꼬집어내기 위해서 다음과 같은 변환을 한다.

$$V(t) = (\underline{V}(t) - \underline{V})\tilde{N} \quad (2)$$

우리는 후에 정보 전달 모드 도해를 그리기 위해 이 변환을 수정할 것이다.

여기서 평균값 벡터 \underline{V} 는 각 채널의 EEG의 평균값들로 구성되어있으며

$$\underline{V} = \{V_k(t)\} \quad V_k = \frac{1}{T} \int_0^T V_k(t) dt, k = 1, \dots, N \quad (3)$$

정규화 상수 \tilde{N} 은 다음의 시간적분 정규화 조건으로부터 얻어진다.

$$\frac{1}{T} \int_0^T V(t)^2 dt = 1 \quad (4)$$

이 벡터 $V(t)$ 가 $n=30^{\sim}$ 개의 직교하는 고유 벡터 $\phi^{(k)}$ 들에 의해 전개된다고 가정하면 :

$$V(t) = \sum \eta_k(t)\phi^{(k)} \quad (5)$$

우리가 얻을 $\phi^{(k)}$ 은 basis 역할을 해야 하므로 서로 수직이고 크기의 절대값이 1인 조건을 부과한다. 먼저 $V(t)$ 를 $\phi^{(k)}$ 에 대해서 정사영 (projection) 시킨 값의 제곱이 시간에 대해서 평균할 때 최대가 되도록 한다. 에 대한 조건은 즉 첫 번째 고유벡터 $\phi^{(1)}$ 에 대한 조건은

$$\frac{1}{T} \int_0^T (V(t) - \eta_1(t)\phi^{(1)}) \cdot \phi^{(2)} dt = \max \quad (6)$$

$V(t)$ 에서 $\phi^{(1)}$ 에 해당하는 성분을 뺀 것에 대해서 $\phi^{(2)}$ 도 역시 똑같은 조건을 만족해야 한다.

$$\frac{1}{T} \int_0^T (V(t) - \eta_1(t)\phi^{(1)}) \cdot \phi^{(2)} dt = \max \quad (7)$$

$\phi^{(1)}$ 과 $\phi^{(2)}$ 가 서로 수직이 되도록 basis 벡터를 구성하므로 (7)식은

$$\frac{1}{T} \int_0^T (V(t) \cdot \phi^{(2)})^2 dt = \max \quad (8)$$

이 된다. 위와 같은 과정을 거치면 각각의 인덱스 k 에 대하여 다음과 같이 일반화시킬 수 있다.

$$\frac{1}{T} \int_0^T (V(t) \cdot \phi^{(k)})^2 dt = \max \quad (k=1,2,\dots,16) \quad (9)$$

이것이 바로 분산값이 가장 크며 서로 수직인 유형을 찾기 위한 조건이다. 위식 (9)를 풀기 위해 Lagrange multiplier λ 를 도입하고

변분법의 원리를 이용하여 정리하면

$$\sum_{j=1}^N M_{jj} \phi_j^{(k)} = \lambda_k \phi_j^{(k)} \quad (10)$$

이 되며 여기서 correlation matrix element는

$$M_{jj} = \frac{1}{T} \int_0^T V_j(t) V_j(t) dt \quad (11)$$

이 되어 정방행렬 M에 대한 고유치 방정식을 이룬다. 또한 $\eta_k(t)^2$ 의 시간 평균값이 고유치 λ_k 가 되고, 이 값은 전체 유형에서 각각의 고유벡터가 차지하는 비율이 된다.

$$\lambda_k = \frac{1}{T} \int_0^T \eta_k(t)^2 dt \quad (12)$$

이제 고유치 λ_k 는 해당 고유모드(eigenmode)가 전체 동역학에 기여하는 정도를 나타낸다고 해석할 수 있다

(2) 정보전달 모드 도해의 구성

우리는 첫 번째 실험으로 뇌파를 512ms를 추출하여 지연시간을 2ms에서 200ms로 바꾸어 가며 상호 정보량을 계산하였다. 이 기간동안에 30개의 뇌파 채널의 쌍으로 구성된 다차원 공간에서 상호정보량의 궤적을 생각할 수 있다. 여기서 채널간의 상호정보량만을 고려하였고 채널 자체의 자기상관함수는 계산하지 않았다. 우리의 목적은 이 궤적으로 구성된 클러스터에서 적당한 중앙값을 얻어내는 것이다.

첫 번째, 우리는 각각의 채널들의 쌍에서 얻은 시간 지연된 상호정보량에서 그 평균값과 최소값을 구하였다.

두 번째, 상호정보량에서 앞서 구한 최소값을 뺀 값들을 KL 분해법 과정에 입력하였다. 이는 KL 분해법 과정에서 좌표의 원점을 정보 전달량의 최소지점으로 이동시키는 것이다.

세 번째, KL 분해법에서의 평균값 (Eq. (2))을 0으로 만들었다. 이는 KL분해법의 기본 성질인 평균값을 중심으로한 주 동역학 성분을 추출하려는 목적에서 원점에서 가장 집중된 성분을 끄집어 내는 것으로 분해법의 성질을 바꾸어 버린 것이라 할 수 있다.

네 번째, 다음의 도해를 그렸다.

1. 상호정보량의 평균값 도해
2. 정보전달 모드 도해 :

$$\text{상호정보량의 최소값} + \frac{\sum_k \sqrt{\lambda_k} \cdot \phi^{(k)}}{2\bar{N}}$$

KL 분해법에서 고유치 λ_k 는 전개 계수 제공의 시간 평균값($\overline{\eta_k^2}$)으로 주어진다. 또한 분해법 초기에 데이터는 정규화 상수 \bar{N} 를 곱함으로써 크기를 일정하게 만들었다. 이를 고려하면 $\frac{\sum_k \sqrt{\lambda_k} \cdot \phi^{(k)}}{2\bar{N}}$ 의 벡터 합은 원점으로 잡은 최소값 지점에서 상호정보량 궤적중에서 가장 밀한 지점으로 차례로 연결시켜가는 과정을 나타낸다 하겠다. 계수 1/2는 구하여지는 지름값에서 중간 지점을 나타내기 위해 도입되었다. 그러므로 최소값 + $\frac{\sqrt{\lambda_k} \cdot \phi^{(k)}}{2\bar{N}}$ 는 원점에서 가장 밀한 지점으로 연결된 도해를 나타낸다.

짧은 시간동안에 상호정보량변화를 관찰하기 위해 추출된 (512ms) 뇌파 시계열에서 지연시간이 짧은 경우(< 200ms)의 상호정보량을 계산하여 연속적인 모드 도해들의 계열을 만들었다. 채널 각 지역간의 평균 의존도를 정의하기 위해 오랜 시간 동안에 추출된 (4096 points, 8.192 sec) 뇌파에서 지연시간이 긴 경우(1600 points, 3.2 sec)의 상호정보량을 이용하여 같은 도해를 하였다. 이러한 평균 의존도 도해로부터 고착되고 내재된 정보전달에서의 차이점

Table 1. The average values and standard deviations of D2 the EEG from 30 channels before and during the EA treatment.

Lead position	D2(correlation dimension)		Wilcoxon signed ranks test
	Before acupuncture treatment	After acupuncture treatment	
Fp1	1.131195±0.357715	1.568250±0.495924	0.028*
Fp2	1.172503±0.370778	1.563539±0.494434	0.022*
F7	1.607132±0.508220	1.567689±0.495747	0.139
F3	1.266268±0.400429	1.087166±0.343792	0.022*
Fz	1.186820±0.375305	1.082374±0.342277	0.169
F4	1.154257±0.365008	1.280460±0.404917	0.093
F8	1.731904±0.547676	1.310270±0.414344	0.017*
FTC1	1.053584±0.333078	1.322209±0.418119	0.022*
FTC2	0.688724±0.217794	1.283993±0.406034	0.013*
T3	1.327974±0.419942	1.267794±0.400912	0.059
C3	0.924928±0.292488	1.554600±0.491608	0.059
Cz	0.760176±0.240389	1.738960±0.549907	0.093
C4	0.800007±0.252985	1.578481±0.499160	0.074
T4	0.603654±0.190892	0.974682±0.308222	0.017*
TT1	1.225136±0.387422	1.266542±0.400516	0.007*
TCP1	1.226096±0.387726	1.677374±0.530432	0.047*
CP1	0.796433±0.251854	1.326093±0.419347	0.169
CP2	0.782392±0.247414	1.385917±0.438265	0.445
TCP2	0.794664±0.251295	1.402129±0.443392	0.074
TT2	0.752394±0.237928	0.955621±0.302194	0.013*
T5	0.803798±0.254183	1.340994±0.424059	0.074
P3	0.856923±0.270983	1.282898±0.405688	0.037*
Pz	0.776855±0.245663	1.511418±0.477952	0.169
P4	0.613416±0.193979	1.608653±0.508701	0.047*
T6	0.790727±0.250050	1.101709±0.348391	0.007*
Po1	0.761340±0.240757	1.426955±0.451243	0.139
Po2	0.667861±0.211196	1.396639±0.441656	0.114
O1	0.833773±0.263662	1.535599±0.485599	0.241
Oz	0.664027±0.209984	1.325203±0.419066	0.037*
O2	0.720836±0.227949	1.272766±0.402484	0.093

*: p < 0.05 (Wilcoxon signed ranks test)

을 알아볼 수 있다.

Ⅲ. 결 과

뇌파 실험 대상자 10명 모두 실험 조건을 완수하였다.

뇌파 측정부위 각 부분간의 상호정보량을 계산하여 자침 전과 후의 그룹간 상관 차원에 대한 표준편차를 SPSSWIN(version 10)을 이용

하여 Wilcoxon의 부호화 순위검정으로 30 채널 중 14 채널에서 유의성 있는 통계결과를 얻었다.

1) 전두부의 변화

전두부는 FP1 부위에서 자침 전 1.131195±0.357715에서 자침 후 1.568250±0.495924로 증가하였고, FP 2 부위에서 자침 전 1.172503

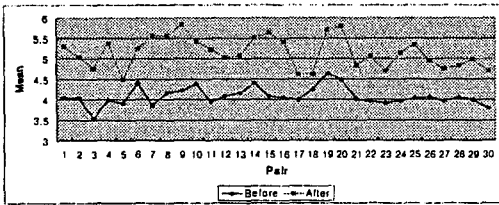


Figure 2. The changes of the average values of D2 of EEG before and after the EA treatment.

± 0.370778 에서 자침 후 1.563539 ± 0.494434 로 증가하였다. F3 부위에서 자침 전 1.266268 ± 0.400429 에서 자침 후 1.087166 ± 0.343792 로 감소하였고, F8 부위에서 자침 전 1.731904 ± 0.547676 에서 자침 후 1.310270 ± 0.414344 로 감소하였다 (Table 1)(Figure 2).

2) 측두부의 변화

측두부는 FTC1 부위에서 자침 전 1.053584 ± 0.333078 에서 자침 후 1.322209 ± 0.418119 로 증가하였고, FTC2 부위에서 자침 전 0.688724 ± 0.217794 에서 자침 후 1.283993 ± 0.406034 로 증가하였다. 모두 유의성 있는 ($p < 0.05$) 증감을 보였다. TT1 부위에서 자침 전 1.225136 ± 0.387422 에서 자침 후 1.266542 ± 0.400516 로 증가하였고 TT2 부위에서 자침 전 0.752394 ± 0.237928 에서 자침 후 0.955621 ± 0.302194 로 증가하였다. T4 부위에서 자침 전 0.603654 ± 0.190892 에서 자침 후 0.974682 ± 0.308222 증가하였으며, TCP1 부위에서 자침 전 1.226096 ± 0.387726 에서 자침 후 1.677374 ± 0.530432 로 증가하였다. 모두 유의성 있게 ($p < 0.05$) 증가하였다 (Table 1)(Figure 2).

3) 후두부의 변화

후두부는 P3 부위에서 자침 전 0.856923 ± 0.270983 에서 자침 후 1.282898 ± 0.405688 로

증가하였고, P4 부위에서 자침 전 0.613416 ± 0.193979 에서 자침 후 1.608653 ± 0.508701 로 증가하였다. 모두 유의성 있게 ($p < 0.05$) 증가하였다. T6 부위에서 자침 전 0.790727 ± 0.250050 에서 자침 후 1.101709 ± 0.348391 로 유의한 ($p < 0.05$) 증가를 보였고, OZ 부위에서 자침 전 0.664027 ± 0.209984 에서 자침 후 1.325203 ± 0.419066 로 유의한 ($p < 0.05$) 증가를 보였다 (Table 1)(Figure 2).

IV. 고찰

18세기 중엽에 William Thomson에 의해 galvanometer가 도입이 되었으며, Fritsch와 Hitzig는 대뇌피질을 전기자극하여 운동이 유발되는 것을 시도하였다¹⁷⁾. 영국 Liverpool에서 개업의였던 Richard Caton (1842-1926)이 동물의 노출된 뇌표면에서 전기활동을 기록한 이래로, Hans Berger(1929)가 최초로 사람의 뇌파(EEG)를 측정하여 현재 사용하고 있는 두 가지 주요한 뇌파패턴을 밝히고 상재적으로 증폭이 크고 규칙적인 파를 α (alpha)파, 증폭이 작고 불규칙적인 뇌파를 β (beta)파라 하였고, 이러한 파를 총칭하여 EEG(Electroencephalogram)라고 명명하였다¹⁸⁾.

뇌파는 대뇌피질(cerebral cortex)의 활동 상태에 따라 변동이 일어난다. 대뇌 피질에서 일어나는 유발전압(evoked potential), 표면피질 반응(superficial cortical response) 및 심부직접반응(direct cortical response)에 따라 대뇌에서 발생하는 전기 현상을 대뇌피질의 표면 또는 두피 위에서 기록한 것이다⁴⁾.

대뇌피질은 대뇌반구(cerebral hemisphere)의 표면을 거의 전역에 걸쳐 덮고 있는 회백질 층을 말하고 이곳에 140억개의 신경세포가 있다고 추정된다¹⁹⁾. 이들 세포가 피질 각 부분별로 별개의 기능을 분담하고 있다는 학설로서

현재는 어느 정도의 기능 국재가 확인되고 있다. 그러나 모든 기능이 국재하고 있는 것은 아니며 전체로서 작용하고 있다고 생각하지 않을 수 없는 기능도 있다²⁰⁾. 대뇌피질에는 신경세포가 6층을 이루고 있으며, 이들 신경세포(neuron)는 복잡한 시냅스 결합을 하고 있다. 이들 중 시냅스 후 전위가 피질뇌파의 본체를 이루고 있다고 보여진다. 그리하여 대뇌 피질 표면에서의 많은 작은 영역의 다양한 활동 즉 뇌 활동, 정신활동을 두피에서 두피전극을 사용하여 기록할 수 있는 것이다^{21,22)}.

많은 대뇌 피질의 영역들이 감각정보를 처리하거나 운동 조절에 중요한 피질의 외부 출력들을 종합한다. 이런 영역들은 일차, 이차, 삼차영역으로 나뉘게 된다. 일차영역이란 외부로의 감각정보나 또는 일차적인 운동정보를 처리하는 곳으로 다른 하위 조직이나 말단부로 단지 몇 개의 접합부만 거치게 된다. 일차운동영역은 사지와 몸통으로 투사되는 뉴런을 포함하는 precentral gyrus에 위치하며, 이 영역은 척수의 전각운동세포로 신호를 전달하여 사지나 몸통을 움직이는 곳이다. 일차감각영역은 감각의 종류(체감각, 시각, 청각)에 따라 각각 일차영역이 다른 곳에 위치하게 된다. 일차체감각영역은 두정엽의 postcentral gyrus, 일차 시각영역은 후두엽에, 일차 청각영역은 측두엽에 위치한다. 이런 일차영역을 둘러싸고 있으면서 보다 더 고차적인 (higher-order)정보를 처리하는 곳이 이차 그리고 삼차 감각, 운동영역이다. 이 영역들은 단일 감각의 복잡한 측면들을 처리하거나, 운동 기능과 연관된 정보를 처리한다. 일차, 이차, 그리고 삼차 영역의 밖에 위치하면서 대뇌 피질의 가장 넓은 지역을 차지하고 있는 곳이 3개의 연합영역(association areas)이다. 이 영역들의 기능은 의도적인 행동

에 대한 다양한 정보를 종합하는 곳으로 대뇌의 주요한 3가지 기능 - 지각(perception), 운동(movement), 동기(motivation)-에 중추적인 역할을 한다.

Parietal-temporal-occipital association cortex는 세 개의 엽의 경계부위에 위치하여서 붙여진 이름으로, 체감각, 청각, 시각과 관계된 감각들을 고차적으로 종합하여 처리하는 곳이다. 즉, 우리가 책을 소리내어 읽는다고 가정하자. 그러면 우리는 보고, 이해하고, 말하고, 또 동시에 듣게된다. 이럴 때 단순히 보고 듣는 것 등등이 우선적으로 일차영역에서 수용되어 처리되지만 우리가 하나의 정보로 인식될려면 반드시 이런 일차정보들이 수집되고 종합되어야 할 것이다. 이런 역할을 하는 것이 바로 연합영역인 것이다. prefrontal association cortex는 전두엽의 앞쪽에 위치하며, 수의적인 운동을 계획하는 기능을 한다. 전극을 두피에 붙이고 유발전위검사를 하면서 피검자가 손가락을 움직일려고만 하는 생각을 반복할 때, 바로 이 연합영역부위에서 독특한 파가 형성되는데 이것을 readiedness potential(준비전위)라고 한다. 다른 연합영역으로 limbic association cortex가 있다. 이는 대뇌 반구의 전두엽, 두정엽, 그리고 측두엽의 안쪽 아래쪽에 위치하는데, 동기, 감정, 기억에 중추적인 역할을 하게 된다. 우리가 참혹한 전쟁영화를 보고 난 후에 단순히 그 영화의 즐거이뿐만 아니라 그 영화를 보면서 느꼈던 감정도 같이 느끼게 되는 것은 이 연합영역의 고차원적인 기능 때문이다. 모든 의식적인 운동은 운동계에 의해 조절이 되지만, 수의적인 운동을 유발시키는 것은 motivational (또는 limbic) system에 의해 조절된다. motivational system은 체신경 운동계(somatic motor system)나 자율신경 운동계로

가는 출력을 조절하며, 조화를 이루도록 한다. 따라서, 야구선수가 공을 잡으려고 긴장을 하게 되면, 이와 수반하여 손에 땀이 나고, 근육의 긴장도도 증가하는 현상을 보인다²³⁾.

내관(PC6)은 수권음심포경의 낙혈로서 기경 팔맥의 음유맥에 통하는 팔맥교회혈 중의 하나로 一切의 內傷疾患에 다용되는 대표적인 경혈이다¹¹⁾.

寧心安神 寬胸理氣 鎮靜鎮痛 등의 혈성을 지닌 내관은 心暴痛 煩心 心惕 不能動 失智 心悲 등의 치료혈로 등재되어 있으며 이후 문헌에 나타난 내관의 주치증을 계통별로 살펴보면 신경정신과질환 중에서는 癲證, 頭痛, 偏頭痛, 失志, 失眠, 健忘, 癲癇, 癲狂, 怔忡 등에 사용되었으며, 소화기질환 중에서는 黃疸, 胃痛, 嘔吐 등에 사용되었으며, 호흡기질환 중에서는 哮喘, 咳嗽 등에 사용되었고, 비뇨기질환에 있어서는 五淋에 사용되었다^{10,24)}.

순환기질환 중에서 中風失神, 偏癱, 狹心痛, 心胸痛, 上肢偏癱, 心痛, 心暴痛, 心悸, 心悸亢進, 등에 사용되었고, 전신성만성소모성질환중에서는 羸瘦, 臟腑虛寒, 勞熱, 虛勞, 骨蒸 등에 사용되었으며, 운동기질환 중에서는 肘攣, 手中風熱 등에 사용되었으며, 출혈성질환중에서는 便血, 舌裂出血, 吐血 등에 사용되었으며, 안이비인후과질환에서는 目赤, 目昏, 咽喉腫痛 등에 사용되었으며, 부인과질환중에서는 月經不調, 產後血暈, 惡阻 등에 사용되었다^{25,26)}.

침시술에 대한 기전을 알아보기 위한 시도들의 일환으로 많은 연구자들이 뇌파를 이용한 연구를 시행하여 왔다^{2,3,21)}. 그러나 아직 많은 연구가 진행되지 않은 관계로 각각의 경혈에 반응하는 전체적인 뇌파의 변화를 보고한 논문은 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 임상에서 일체의 정신신

경질환과 내상질환에 유효하게 사용되어온 내관이 뇌 기능에 어느 정도의 변화를 유발할 것이라는 예측 하에 정상인의 뇌파 자료를 수집하여 Karhunen-Loeve 분해법을 도입하여 뇌파 변화를 상관 차원(correlation dimension) 분석을 하였다.

일반적으로 뇌파는 주파수의 범위 따라 인위적으로 δ 파(0.2 - 3.99 Hz), θ 파(4 - 7.99 Hz), α 파(8 - 12.99 Hz), β 파(13 - 30 Hz)로 구분하여 부른다. 우리가 뇌파 데이터를 수집하면 이러한 주파수 영역들이 모두 섞인 데이터가 얻어지게 된다. 뇌의 상태에 따라 특정 주파수가 많이 섞인 경우도 있고, 특정 주파수만 제외되고 측정되는 경우도 있다. 뇌의 활동과 뇌파의 주파수간에 상관관계에 대해서는 이전부터 많이 연구되어졌고 현재까지도 푸리에 변환에 의한 파워 스펙트럼 분석이나 상관함수 등의 선형이론 등이 활발하게 연구되어지고 있다.

하지만 비선형적인 특성을 보이는 뉴런으로 구성된 뇌와 같은 생체 동역학 시스템을 이해하고 해석하는데 비선형적인 분석방법이 요구되어진다. 카오스 분석을 통해 간과되기 쉬운 신호의 복잡한 변화 속에 숨겨진 동역학정보를 얻어냄으로써 진단, 치료 등에 다양한 정보를 제공할 수 있다. 푸리에 변환에 의한 파워 스펙트럼 분석이나 상관함수 등의 선형이론으로 비선형적인 카오스 역학계의 성질을 이해하는데 한계가 있기 때문에, 카오스 역학계의 특징인 초기조건 민감성에 의한 궤도 불안정성, 장기 예측 불가능성, 자기 상사성 등을 정량화한 상관차원(correlation dimension)을 이용하여 EEG를 분석하여 다음과 같은 유의성 있는 결과를 얻어냈다.

전두부에서는 FP1, FP2, F3, F8의 해당하는

영역에서 자침 전과 후에서 유의성 있는 변화를 보였다. 전두부는 전두엽이 있는 부위로 전두엽의 앞부분에 있는 FP1, FP2는 여러 가지 정보를 통합하여 전체를 파악하거나, 정신활동을 형성하는데 중요한 역할을 하는 연합영역의 하나이다²⁷⁾. F3, F8의 감소는 침자극에 의한 정신적인 일시적 흥분 상태 때문인 것으로 사료된다²⁸⁾.

측두부에서는 FTC1, FTC2, TT1, TT2, T4, TCP1의 해당하는 영역에서 자침 전과 후에서 다른 부위와는 달리 가장 많은 유의성 있는 증가를 보였다.

측두부는 측두엽이 있는 부위로 측두엽의 배측부인 횡측두회와 상측두회에는 1차와 2차의 청각영역인 브로드만 영역(Brodmann's area) 41, 42 및 22영역이 있으며 청각에 관계되는 중요한 활동을 한다. 측두엽이 손상 되었을 때 생기는 정신 신경증상으로 환각, 기억장애, 정동장애 등이 나타나는데, 환각은 여러 가지 지각증추에 관련하여 환청, 환후, 환미, 환시 등 다양한 증상을 일으킨다.

후두부는 후두엽 및 두정엽 일부가 있는 부위로 P3, P4, T6, OZ에 해당하는 부위에 자침 전과 후에서 유의성 있는 증가가 보였다.

후두엽의 OZ 부위는 눈의 망막으로부터 들어온 신경충동은 시신경을 통해 시각영역 가는데, 이 영역은 보는 것과 보이는 것을 해석하는 역할을 한다. 두정엽 일부의 P3, P4 부위는 시각성 언어 증추에 해당한다²⁹⁾.

이상에서 전두부의 변화는 내관의 위치가 “在掌後去腕二寸”²⁴⁾이어서 손목에서의 감각 자극이 체성감각 신호를 유발하여 발동성의 감퇴, 감정장애, 성격 변화 및 지능저하 등의 정신 증상에 유효한 것으로 사료된다³⁰⁾.

측두부의 변화는 <Table 1>에서 보듯이

FTC1, FTC2, TT1, TT2, T4, TCP1 부위에서 많은 증가($P>0.05$)가 있음을 알 수가 있었다.

즉, 內關이 寧心安神의 穴性으로 癲癇, 癲狂, 癩證, 失眠, 健忘 등에 사용되어지는 것이, 측두엽 증후군의 경우 환청, 환후, 환미, 환시, 고도의 건망증후군 등이 나타나는데³¹⁾ 유효한 것으로 사료된다.

후두부의 변화는 내관혈이 정신 신경장애에 있어서 환시 등의 상태에서 시각능력 회복시킬 수 있다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 내관(PC6)의 침 자극 후 뇌파를 측정하고 EEG 상에서의 정보 전달 정도를 정량화 할 수 있는 Karhunen-Loeve 분해법을 도입하여 뇌파 변화를 상관 차원(correlation dimension) 분석, 측정 부위에서의 변화를 관찰한 것이다. 여기에서 내관(PC6)의 전침 자극 후 EEG의 분석에 의하여 다음과 같은 사실을 밝혀낼 수 있었다. 첫째, 전두부에서는 FP1, FP2, F3, F8의 해당하는 영역에서 자침 전과 후에서 유의성 있는 변화를 보였다. 둘째, 측두부에서는 FTC1, FTC2, TT1, TT2, T4, TCP1의 해당하는 영역에서 자침 전과 후에서 유의성 있는 증가를 보였다. 셋째, 후두부는 P3, P4, T6, OZ에 해당하는 부위에 자침 전과 후에서 유의성 있는 변화를 보였다.

이러한 사실들은 내관의 전침 자극이 대뇌에 어떠한 영향을 주는지 또한 이로 인하여 인체는 어떠한 변화가 일어나는지를 유추해 낼 수 있고, 다양한 실험 상황 전후의 대뇌 피질 부분간의 변화 관찰이 가능하게 되었다. 대뇌 피질에 기존의 두뇌 영상화 기법들간의 상호 비교를 통한 연구 성과에 따라 내관에 대한 기능

을 더욱 효과적으로 증명할 수 있으리라 생각된다.

參考文獻

1. 김응수, 조덕연 등. 청각자극에 의한 쾌/불쾌 감성상태의 뇌파에 대한 바이스펙트럼분석. 한국감성과학회 98춘계학술발표논문집. 1998 : 176-182.
2. Hi-Joon Park, Jong-Bae Park, Hyang-Sook Lee, Kang-Sik Kim, Sung-Kil Min, Hye-Jung Lee. Acupuncture Induces of Alpha wave in EEG. Korean Journal of Oriental Medicine. 2001 ; 1(1) : 21-6.
3. 박우순, 이태영, 이상룡 등. 신맥 조해의 전침자극이 치매환자의 뇌파에 미치는 영향. 대한침구학회지. 2001 ; 18(2) : 67-79.
4. 이철호. 맛성분에 의하여 유발되는 인체의 뇌파측정 실험. 식품과학과 산업. 1998 ; 31(3) : 47-55.
5. 최용태 외. 鍼灸學 <上>. 서울 : 집문당. 1988 : 45.
6. 장소희, 박영배, 강성길. 간사 침자극이 소음 stress에 미치는 영향. 대한침구학회지. 1996 ; 13(1) : 365.
7. 조장희, 김경요, 김형균, 이병렬 외. 침자극이 대뇌피질의 활성화에 미치는 영향. 대한침구학회지. 2001 ; 18(3) : 105-13.
8. Chang Hyun Lee, Han Sol Jung, Tae Young Lee, Sang Ryoung Lee, Sang Won Yuk, Kwang Gyu Lee, Bong Hee Lee. Studies of central neural pathways to the stomach and Zusanli(ST36). 2001 ; 29(2) : 211-20.
9. 이병렬, 홍영식. 기경팔맥과 팔맥교회혈에 대한 문헌적 고찰. 대전대학교 한의학논문집. 1996 ; 5(1) : 329-45.
10. 채우석, 육태한. 내관과 외관에 대한 문헌적 고찰. 대전대학교 한의학논문집. 1993 ; 2(1) : 149-76.
11. 王德深編. 中國鍼灸穴位統監. 青島 : 青島出版社. 1994 : 449-63.
12. Jasper H. Report of committee on methods of clinical exam in EEG. Electroencephal Clin Neurophysiol. 1958 ; 10 : 370-5.
13. Cooper R, Osselton JW, Shaw JC. Origin of the electroencephalogram. In : EEG Technology(3rd ed.). Boston : Butterworths. 1980 : 1-14.
14. 박병주. 의사를 위한 의학통계 분석의 이해. 대한의사협회지. 1996 ; 39(5) : 609-14.
15. LAXTHA Inc. Complexity Manual(version 1.0). 1999 : II-F-12~II-F-14.
16. Shannon CE, Weavers W. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press. 1949.
17. Swartz BE, Goldensohn ES. Timeline of the history of EEG and associated fields. Electroencephalogra Clin Neurophysiol. 1998 ; 106 : 173-6.
18. 문성실, 최상섭, 류창수, 김경옥, 손진훈. 두 문자열의 동일성 판단과 뇌파. 한국감성과학회 98춘계학술발표논문집. 1998 : 81-8.
19. 배춘상, 백선용, 조희중 등. 신경해부학. 서울 : 고문사. 1993 : 375.
20. 이태영, 이상룡. 두침의 이론적 근거에 대한 동서의학적 고찰. 1999 ; 16(4) : 91-108.
21. 오영선, 오민석, 송태원. 발바닥 특정 부위 자극이 뇌파에 미치는 효과에 대한 비선형 분석. 대전대학교 한의학연구소 논문집. 2001 ; 10(1) : 365-74.
22. 이배환, 박형준, 박용구, 손진훈. 뇌파의 전기적

- 모형. 전기학회지. 1997 ; 46(5) : 3-10.
23. Payne LC, Krueger JM. Interactions of cytokines with the hypothalamus-pituitary axis. *J Immunother.* 1992 ; 12 : 171-3.
24. 황보밀. 침구갑을경. 북경 : 인민위생출판사. 1982 : 50.
25. 상해중의학원. 침구학. 상해 : 중국인민위생출판사. 1991 : 110.
26. 지준환, 이은, 이준무. 내관, 공손의 애구가 Mouse의 진통 및 혈액상에 미치는 영향. 대한 침구학회지. 1995 ; 11(2) : 65.
27. 강군순, 강대영, 강문원. 원색최신의료대백과사전 GME 15권. 서울 : 신태양사. 1995 : 163.
28. 김대식, 최장욱. 뇌파검사학. 서울 : 고려의학. 2001 : 130.
29. 민병일. 최신 생리학. 서울 : 신광출판사. 2000 : 15-1~36, 16-13.
30. Celesia GG, Jasper HH. Acetylcholine released from cerebral cortex in relation to state of activation. *Neurology.* 1966 ; 16 : 1053-63.