

뇌전위(EEG)의 비선형 분석을 통한 癡呆症의 조기진단에 관한 연구(1)

- A Study on the Early Diagnosis of Dementia by
Nonlinear Analysis of EEG -

이 재 훈*
Lee, Jae Hoon
이 동 형**
Lee, Dong Hyung

ABSTRACT

The diagnosis has an very important role in curing dementia. But there was not the effective method to diagnose it until now. In this paper we analyzed the EEG in Alzheimer's disease and normal control groups to differentiated them by nonlinear parameter such as the correlation dimension. And we propose the nonlinear analysis of EEG in Alzheimer's disease as a useful tool of early diagnosis of it.

제 1 장 서 론

오늘날 의학의 발전과 풍요로운 생활로 인해 인간의 平均壽命의 증가와 더불어 노인인구의 고령화추세가 크게 진전되고 있다. 이러한 과정에서 많은 노인들이 핵가족화의 빠른 진행 등 사회변화에 적응하지 못하고 소외감과 정신질환으로 고통을 겪고 있어 커다란 사회적인 문제로 대두되고 있다.

노인들의 정신질환중 특히 癡呆症은 대부분의 경우 아직 원인적 치료가 불가능하고 만성 진행성 경과를 취하기 때문에 환자 본인 및 가족은 심각한 부담이 되고 있는데 치매환자의 수가 날로 증가, 현재 우리 나라의 치매환자 수는 10만명 정도로 추산되고 있다.

癡呆症은 원인적 치료는 물론 진단에 도움이 될만한 생물학적 지표가 없는 것이 특징이지만 조기에 발견한다면 반복학습이나 기타 의학적인 치료를 시행하여 치매의 발병을 지연시키거나 어느정도의 치료가 가능하기 때문에 조기진단은 매우 중요하다. 지금까지 치매진단을 위한 여러가지 진단도구들이 개발되어오고 있지만 치매진단은 대부분 임상적 관찰을 통해 이루어져질 수 밖에 없었다. 즉, 치매진단은 BDRS(Blessed dementia rating scale), MMSE(mini mental status examination) 등의 인지기능에 대한 객관적 검사와 뇌기능 이상 유무를 알아보기 위한 Brain CT, SPECT, MRI, EEG검사 등을 통한 임상외사의 주관적인 판단에 크게 의존하고 있는 실정이다.

그러나 현재 의학적으로 시행되는 여러가지 검사들만으로는 객관적인 진단근거를 확보할 수

* 대전산업대학교 산업공학과

** 대전산업대학교 산업공학과

없고, 특히 조기 치매를 진단하는데는 많은 어려움이 있다.

본 연구에서는 EEG의 비선형분석법이 치매증을 조기에 발견할 수 있는 객관적인 진단 도구로 활용할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

제 2 장 노년기의 정신장애와 치매

2.1 노년기 정신장애

노년기의 정신장애는 우연히 노년기에 일어난 것, 노년기에 잘 일어나는 것, 또는 노년기에 서만 일어나는 것이 있다. 일반적으로 노년기의 정신장애는 원인·경과·예후등이 청장년기와 다르다. 노인의 경우 어떤 사람은 천수를 다 할 때까지 신체와 지능이 건전한 사람도 있지만 많은 사람은 그렇지 못하다.

이런차이에 대한 원인은 아직 모르지만 유전·체질·장기적인 정신적 Stress·중독증·호르몬 등이 관계가 있다고 하며, 여기에 더 첨가해서 여러가지 社會經濟的 조건(빈곤, 영양실조, 거주환경, 조건의 불량, 가정불화)도 작용된다.

노년기 정신장애의 주요한 원인을 제공하는 사람의 뇌는 나이가 들에 따라 老衰하게 되는데 특히 중년 이후에는 중량의 감소·위축 등의 현상이 나타난다. 뇌의 중량은 20세가 지나면서 감소하기 시작하여 80세까지는 15%가 감소한다.

이에 따라 知能(intellect)도 노쇠하게 되는데 역시 개인차가 크다. 일반적으로 知能의 정도는 20세 전후가 최고를 나타내다가 나이가 들면서 50세에서는 14세 전후, 60세에서는 11세 전후, 70세 이상에서는 10세 이하로 떨어지게 된다. 노인의 지능을 보면 상식·판단력 및 오래된 기억 등은 비교적 오래 유지되고 있지만 知覺的 正確度·把持(retention)·學習能力 및 分析能力 등은 크게 떨어진다.

한편 人格도 변화되어 感動性的의 減少, 感情의 流動性, 융통성의 감퇴, 고등감정의 둔마, 건강 염려, 이기적 흥미 및 관심의 범위 축소 및 보수적 경향의 강화 현상 등을 보인다.

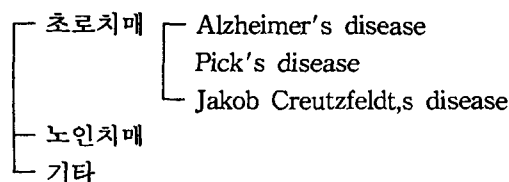
그리고 뇌혈류가 노쇠됨에 따라 특히 정신적 활동에 종사하는 사람들에게 조기에 또는 심한 腦動脈硬化를 일으키기 쉽다. 이는 2차적으로 뇌의 노쇠를 촉진함으로써 정신노쇠의 큰 원인중의 하나가 된다.

2.2 癡呆(dementia)의 정의 및 분류

치매란 後發性·회복불능성인 지능저하를 말한다. 또한 치매인 경우 情意的 요소의 崩壞가 뚜렷하면 痴性(癡性, Verblodung)이라고 한다. 단적으로 기억력, 언어능력, 계산능력, 시·공간 능력 등이 전반적으로 골고루 상실되어 결국은 정신적으로 황폐화되어버리는 질환이다

치매는 해부적으로 대뇌의 광범위한 파괴를 전제(前提)로 하며 老年期の 정신장애를 대별하면 다음과 같다.

(1) 뇌위축성정신장애



- (2) 뇌혈관성정신장애 - 뇌동맥경화증
- (3) 내인성정신병 - 만발성정신분열병 · 조증 · 우울
- (4) 신경증적 장애
- (5) 기타

2.3 알츠하이머氏病(Alzheimer's disease)의 개요

본연구에서는 치매환자 전체의 55%를 차지하는 알츠하이머氏病을 대상으로한 조기진단 방법을 보인다. 따라서 여기에서는 알츠하이머氏病 질환에 관해 간략히 소개한다.[9]

1) 유래

원인불명의 뇌의 전반적 위축과 특유한 조직학적 소견을 나타내는 질환으로 1906년 알츠하이머가 최초로 기재하였다. 주로 초로기에 나타나지만 노년기 · 장년기에서 있을 수 있다. 노년치매보다 발병이 빨리 오고 증상이 격렬하고 실어 · 흥분 · 강직 등이 피크氏病보다 많다.

2) 임상증상 및 경과

발병은 서서히 일어나고 하는 일에 지능이나 능력이 훌륭했던 사람이 간단한 일에도 과오를 일으키고 주의집중에 결함이 온다. 정서적 불안정 주의 및 이해력에 장애가 오고 일상생활의 일들을 수행하는 데 큰 지장이 오며, 이런 능력의 장애를 다른 사람의 탓으로 돌리는 경향이 생기고 관계망상 · 의심 · 일시적이거나 피해망상도 있을 수 있다. 기억력의 장애 · 지남력장애(disorientation)가 와서 매우 가까운 친척의 이름도 모를 정도가 된다.

그룬탈 Grunthal은 경과를 다음과 같이 3기로 나누었다.

- ① 초기 - 기억의 점진적 상실, 감각 perception의 장애, 외모와 일에 대한 무관심, 장소에 대한 지남력장애, 쇠약 및 간질양발작(epileptiform attack), 약간의 단문상실 및 언어차질 (slurred speech).
- ② 중기 - 완전한 지남력의 장애, 이해력의 둔마, 약간의 안절부절, 간단한 산수 또는 읽기 · 쓰기의 장애, 실어, 운동부전, 근긴장항진, 언어간대(logoclonus ; 말더듬이 처럼 처음 음절이 아니고 중간 또는 최후의 음절을 간대성으로 반복하는 것)
- ③ 말기 - 자극에 대한 과민반응(irritability), 착어증(부전실어증, paraphasia), 불결, 상동성 운동(stereotyped movement), 심한치매, 능동성상실, 반사운동만 존재하는 식물성 존재 상태.

제 3 장 뇌전위의 카오스계 분석

3.1 腦電位(EEG; electroencephalogram)

생체의 뇌세포의 활동에 의해 생기는 생체전기 현상으로 대뇌피질이 나타나는 자발적이고, 또한 울동적인 活動電位의 총화를 뇌전위라 하며, 의식수준에 따라 특유의 패턴을 나타낸다.

신경세포들간의 자극전달은 시냅스에서 아세틸콜린이 수용체에 결합하면 전기가 발생하여 자극이 전달된다. 뇌는 수많은 신경세포로 구성되어 있으며, 이 신경세포의 연락은 아세틸콜린이 담당하며, 노화가되면 점점 아세틸콜린이 분비가 적어지며 아세틸콜린 수용체가 감소된다.

EEG wave의 종류에는 α wave (8 -13 Hz), β wave(14-30 Hz), θ wave(4 - 7 Hz), δ wave(3 Hz 까지) 등이 있는데 의식 수준에 따라 각성시 눈을 떴을때 β wave가 우세, 몽롱한 상태는 α wave가 증대하고, 좀더 무의식적인 상태에서는 α wave가 감소 θ wave가 출현, 아주

낮은 수면에서는 α wave가 감소하고 진폭도 낮아진다.

뇌전위의 측정은 대뇌피질의 활동전위를 두피상에 장착된 전극을 International 10-20 Electrode Placement 법에 의해 전극을 부착하여 고감도의 저주파 증폭기(시정수 0.3초 또는 0.1초)로 증폭하여 기록한다. 측정종류에는 일반각성뇌파, 수면뇌파, 특수뇌파, 유발전위 등의 검사가 있다.

3.2 카오스(Chaos) 이론의 주요내용

여기서는 카오스 이론중 본연구에 필요한 내용만을 간략히 소개하고자 한다. 지금까지 자연계(nature)의 현상을 연구할때는 일반적으로 규칙성, 예측 가능성 그리고 가역성 등의 특징을 지니는 선형 모형(linear model)을 사용하여 왔다. 하지만 복잡한 자연현상의 시간적인 변화(dynamics)를 기술하는 운동방정식(equation of motion)은 대부분 비선형항을 포함하고 있어서 이러한 비선형효과가 우세해지는 상황에서는 더이상 근사적인 선형모형으로는 현상을 설명하는 것이 불가능하게 되었다.

따라서 계의 비선형 효과를 기술하기 위해서는 비선형 모형(nonlinear)의 도입이 절실히 요구 되었고, 컴퓨터의 급속한 발달과 보급은 연필과 종이만으로 풀기힘들다는 이유로 필요함에도 불구하고 그다지 발전하지 못해왔던 비선형운동계의 분석을 용이하게 만들었다.[7]

근래 비선형효과가 우세해질 때 발생하는 여러 현상을 연구한 결과, 비록 운동변수의 갯수는 적으나 비선형항을 포함한 미분방정식의 풀로 계의 운동(dynamics)이 기술되어지는 낮은 차원의 결정론계(deterministic system)에서 비록 그 계의 운동 방정식이 간단하다 할지라도 그 계의 상태를 조절하는 조절변수-운동 방정식에서 항의 계수- 값에 따라 매우 복잡한 운동양상이 나타날 수 있음을 알아 내었다.

무질서해 보이는 복잡한 이러한 운동은, 잡음(noise)이나 무작위(random) 운동과 같이 계의 자유도가 크고 수학적인 운동 방정식으로 정확히 기술될 수 없는 높은 차원의 비결정계에서의 운동과는 명백히 구별된다. 이처럼 무질서해 보이는 복잡한 운동양상을 나타내고 있지만 그러한 운동이 비선형항을 포함한 운동 방정식에 의해 결정될 때, 이를 카오스계라 일컫는다. 즉 카오스계(chaos system)는 결정론적인 비선형계(nonlinear deterministic system)에 해당한다.[8]

3.3 뇌전위의 카오스계 분석

1) 뇌전위의 카오스계 가능성

1929년 Hans Berger에 의해 EEG가 사람에게 발견되었는데 그 당시에는 EEG가 인간의 자발적 뇌전기 활동이라는 생각이 즉시 받아들여지지 않고 여러 잡파(artifact) 즉 Noise에 의해 생긴 것이라는 반론도 있었다. 그후에 1933년 Adrian에 의해 Berger의 옳음을 증명이 된 이후로 EEG는 signal processing 분야의 발전과 함께 활발히 연구되어 왔다. 1975년 May에 의해 deterministic chaos의 개념이 제시되면서 그 동안 random signal로 간주되어 통계적이며 선형적인 방법으로 분석되어온 EEG에 관한 연구가 Nonlinear Analysis 방향으로 전환되었다.

우선 1980년대 활발히 논의되었던 문제는 과연 EEG가 chaotic signal 인가 random signal 인가 하는 문제였다. 이 문제는 EEG가 수십억개의 Neuron들이 정보를 전달하고 처리하는 과정에서 발생하는 전위들의 평균적인 값으로, 뇌가 여러 기능을 수행하는 과정에서 자연스럽게 나타나는 소음으로 여기던 그 동안의 사고에 대한 도전이기도 했다. 만약 EEG가 deterministic chaotic signal이라면 소수의 변수들에 의해 만들어진 signal이며, 예측이 가능하고, 더 나아가 그 안에는 뇌가 기능을 수행하는 과정과 정보를 처리하는 과정을 이해하는데 필요한 정보를

담고 있다는 의미를 포함하고 있기 때문이다. 그리고 뇌가 그 기능을 수행하는 과정에서 chaos가 큰 역할을 하고 있다는 증거가 되기도 하는 것이다.

EEG가 chaotic signal인가에 대한 해답은 엄밀한 의미에서는 아직도 약간의 문제를 안고 있기는 하지만 chaotic하다는 그럴듯한 여러 증거를 가지고 있다.

우선 chaotic signal은 deterministic nonlinear system에 의해 만들어져야 한다. 그 동안 과학자들이 EEG를 모델링할 수 없다고 생각한 이유는 EEG같은 복잡한 signal은 복잡한 시스템에 의해 만들어진다고 생각을 해 왔기 때문이다. 그러나 만약 시스템이 비선형적이라면 설명 매우 간단한 시스템이라 하더라도 복잡한 signal을 만들 수 있다는 것이 chaos 이론이다.

만약 어떤 시스템이 비선형적이라면 그 시스템이 만들어 내는 signal은 주기적인 신호성분(limit cycles)을 포함하고 있으면서 bursting behaviour를 가지기도 한다. 또 대개 진폭이 주파수에 따라 변하는 성질(amplitude dependent frequency behaviour)을 가지게 되며, 주파수들의 조합들을 포함하게 된다(frequency multiplication (harmonics)). 그리고 무엇보다 중요한 기준으로 시스템이 비선형적인 소자들로 구성되어야 한다.

무엇보다 중요한 증거로 뇌가 비선형적인 소자의 대표적인 것이 Neuron들로 이루어져 있다는 점이다. 그리고 이러한 수많은 비선형소자인 Neuron들이 서로 무수히 연결되어 있으며, EEG는 이러한 pyramidal cells의 post-synaptic potentials로 이루어져 있다는 점이다.

위의 이러한 증거들에 의해 EEG는 비선형적인 시스템에 의해 만들어진 신호라는 것을 알 수 있으며, chaotic signal이기 위한 필요조건을 만족하고 있음을 알 수 있다.

그 동안 물리학자들은 power spectrum, state-space reconstruction technique, dimension of attractors, Lyapunov exponent 등을 통해 EEG가 chaotic signal이라는 것을 밝혀 내었다.

그리고 Taken's embedding Theorem을 이용하여 EEG를 state-space에서 벡터로 재구성하여 chaotic attractor를 가지고 있음을 확인하였다. 또한 chaotic attractor의 correlation dimension이 소수의 값이 나오는 것을 확인할 수 있었다. 무한대의 값이 나오지 않고 유한한 값이 나왔다는 것은 EEG가 random signal이 아니라 chaotic signal임을 의미한다.[2]

그 외에도 chaotic attractor인 경우 초기조건이 조금만 달라져도 전혀 다른 궤도를 가지게 되는데 그것을 측정하는 지수인 Lyapunov exponent를 구하여 보면 양수의 값을 얻어 EEG가 chaotic signal임을 알 수 있다.[6]

2) 상관차원(Correlation Dimension)

EEG가 deterministic chaotic system에서 만들어진 신호라는 사실이 밝혀지면서 뇌에 대한 모델링이 활발히 연구되고 있다. EEG가 random한 신호라면 데이터들간에 correlation이 전혀 없으므로 모델링하려면 무한대의 변수가 필요하게 된다. 그러나 EEG가 deterministic chaotic system에서 만들어진 신호라는 사실은 EEG가 몇 개의 coupled nonlinear differential equations으로 표현할 수 있다는 것을 의미한다.[3] 이때 Correlation Dimension은 미분방정식에 필요한 변수의 갯수를 의미한다. 그리고 뇌의 상태가 바뀔 때마다 Correlation Dimension의 값이 바뀌는 것을 통해 뇌의 상태가 변할때마다 coupling의 정도가 달라진다는 것을 알 수 있다. 따라서 뇌가 정보를 처리 하거나 여러 가지 기능들을 수행할 때 몇 가지 요소들이 서로 유기적으로 결합하고 coupling되어 처리함을 알 수 있고, 각각의 Neuron들의 이러한 coherency가 뇌기능을 연구하는데 중요한 요소임을 알 수 있다.

Correlation Dimension을 구하기 위해서는 우선 Taken's embedding Theorem을 이용하여 EEG를 state-space에서 벡터로 재구성하여 chaotic attractor를 구해야 한다.

EEG를 state-space에서 벡터로 재구성하여 chaotic attractor를 얻는 방법에는 Taken's embedding Theorem을 이용하는 방법 외에도 여러 가지 방법이 있다. 그러나 대개 비슷한 결과를 얻게 된다.

이러한 방법을 통해 얻은 EEG의 chaotic attractor의 Correlation Dimension을 구하려면 chaotic attractor 위의 한 점을 기준으로 거리를 조금씩 늘려가면서 그 거리 안에 포함되는 다른 점들의 수가 늘어나는 비율을 계산하여 Correlation Dimension을 얻을 수 있다. 이러한 방법으로 Correlation Dimension을 계산하는 이유는 식(1)과 같은 Dimension의 일반적인 정의를 이용한 것이기 때문이다.

즉 Dimension은 식(1)을 만족하기 때문에 Correlation function는 식(2)와 같이 정의된다.

$$V = ar^d \quad (V: \text{부피}, a: \text{상수}, r: \text{거리}, d: \text{차원}) \quad \text{----- (1)}$$

$$C(r) = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N H(r - |\vec{x}_i - \vec{x}_j|) \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{where } \begin{aligned} H(x) &= 0 & x < 0 \\ H(x) &= 1 & x \geq 0 \end{aligned}$$

따라서 Correlation Dimension은 아래 식(3)과 같이 나타내어진다.

$$\begin{aligned} C(r) &= r^d \\ \ln C(r) &= d \ln r \\ D &= \frac{\ln C(r)}{\ln r} \quad \text{----- (3)} \end{aligned}$$

지금까지 정상인 뇌의 여러 가지 상태에 대해 Correlation Dimension을 구한 결과는 표3.1과 같다.

표 3.1 정상인 뇌의 여러 상태에서의 Correlation Dimensions

State of Brain	Lead (channel)	Sampling Rate(Hz)	Delay τ (msec)	Total Time(sec)	Maximal Embedding Dimension	Correlation Dimension
Albano et al. (1987)						
Quite, awake	?	500	10	5.8	19	eyes closed 26±0.2
Quite, awake eyes open	?	500	6	5.8	19	∞
Babloyantz et al. (1985, 1986)						
Quite, awake	C4-A1	100	100	40	10	6.1±0.05
Sleep Stage 2	C4-A1	100	100	40	6	5.0±0.1
Sleep Stage 4	C4-A1	100	100	40	5	4.1±0.1
REM Sleep	C4-A1	100	100	40	10	8.2±0.04
Petit mal Seizure	?	1200	15.8	5	7	2.05±0.09
Mayer-Kress Layne (1987)						
Quite, awake	P3-O1	100-500	10-40	10-30	20	4.7±3.5
Quite, awake	P3-O2	100-500	10-40	10-30	20	4.7±3.5
Quite, awake	C3-T3	100-500	10-40	10-30	20	7.8±5
Quite, awake	C3-T4	100-500	10-40	10-30	20	7.8±5

위와 같이 뇌의 상태가 바뀔 때 마다 Correlation Dimension 값이 바뀌는 것을 통해 뇌의 상태는 chaotic하다는 것을 알 수 있다. 이것은 뇌가 정보를 빠른 속도로 처리하기 위해서는 비선형적인 효과를 이용해야하며, 이러한 비선형적인 효과에 의해 synchronization이 된다는 것

을 의미한다.

Correlation Dimension이 줄어들었다는 것은 coupling효과가 커져서 Neuron들간에 coherent 한 운동을 하게 됨을 의미한다.[5]

Correlation Dimension은 어떤 system이 random한 system인지 deterministic chaotic system인지를 구분해 주는 좋은 기준이면서 coupled nonlinear differential equations으로 나타내어지는 신호의 변수의 수를 나타내는 지표일 뿐 아니라 Neuron들간의 collective motion에 대한 정보를 내포하고 있는 변수이기도 하다.[4]

제 4 장 임상실험 및 결과분석

4.1 실험계획 및 방법

피실험 환자의 연령은 68세~73세의 연령으로 하였으며, 男女의 구분은 하지 않았다. 측정 인원은 Normal 환자 9명, 임상전문의로부터 판정된 Dementia 환자(*Alzheimer's disease*) 9명을 대상으로 비교적 협조가 잘되는 환자들로만 선택을 하여 1995. 9. 12 ~ 11. 7.까지 실험을 측정하였다.

측정에 사용된 장비와 방법은 일본 NIHON KONDEN 회사의 모델 EEG-4421K 뇌파기의 output 단자로부터 검출된 EEG analogue signal을 KAIST 물리학과 센서공학연구실에서 제작한 뇌전위 Analysis System을 Personal Computer로 Interface시켜 digital signal로 바꾸어 data를 수집하였다. 측정장소는 가톨릭대학교 의과대학 대전성모병원 뇌파검사실에서 측정을 하였으며 측정결과 분석은 한국과학기술원(KAIST) 물리학과 센서공학연구실에서 분석하였으며, 실험에 사용된 측정조건들은 <표4.1>과 같다.

표4.1 실험에 사용된 측정조건

뇌파기의 측정조건	뇌전위 측정장비의 측정조건
Time Constant : 0.3 sec (0.53 HZ)	샘플링 시간 : 2mm/sec (32 sec)
Sensitivity : 7 μ V/mm	Data 수 : 16384
Hi Freq Filter : 35 Hz	총측정 횟수 : 1회(피검자 1인당)
EEG channel : 16 channel	EEG montage : A1 / A2 의 Referential
Chart speed : 30 mm/sec	(International 10-20 Electrode Placement)

4.2 결과분석

4.1에서의 실험결과를 보면 Nonlinear Analysis을 이용해서 EEG를 분석하여 보면 정상인과 이상이 있는 환자를 객관적으로 그림4.1에서 나타나는 것과 같이 현저한 구별이 가능하다. 따라서 본 방법으로 치매환자를 조기에 발견을 할 수 있는 길을 열었다고 할 수 있다.

아래 표 4.1은 Normal환자와 *Alzheimer's disease* 환자의 상관차원을 보여주고 있다. 그림 1.1에서 나타내는 것처럼 치매중증 *Alzheimer's disease* 환자들은 Normal 환자에 비하여 Correlation Dimension의 값들이 현저하게 낮게 나타났으며, 그림4.2는 Normal 환자와 *Alzheimer's disease* 환자의 Correlation Dimension 값들의 차이의 정도를 나타냈다.

표 4.1 Correlation Dimensions of EEG in *Alzheimer's* disease and those in normal control groups

channel	electrode	Normal	<i>Alzheimer's</i> disease
		Correlation Dimension / Variance	Correlation Dimension / Variance
1	F7	8.0 / ±1.3	6.5 / ±1.9
2	T3	8.4 / ±1.2	7.1 / ±1.8
3	T5	7.6 / ±1.4	6.1 / ±1.5
4	FP1	7.8 / ±1.0	6.2 / ±1.2
5	F3	8.1 / ±1.1	6.1 / ±1.7
6	C3	7.8 / ±1	6.5 / ±1.6
7	P3	7.3 / ±1.2	5.9 / ±1.5
8	O1	7.2 / ±1.4	6.1 / ±1.5
9	F8	7.9 / ±1.2	6.7 / ±1.9
10	T4	8.1 / ±1.2	7.3 / ±2.0
11	T6	7.6 / ±1.2	6.3 / ±1.6
12	FP2	7.8 / ±1.0	6.2 / ±1.0
13	F4	7.7 / ±1.0	6.1 / ±1.6
14	C4	7.9 / ±0.9	6.5 / ±1.6
15	P4	7.4 / ±1.0	6.0 / ±1.5
16	O2	7.1 / ±1.4	5.8 / ±2.1

Correlation Dimensions

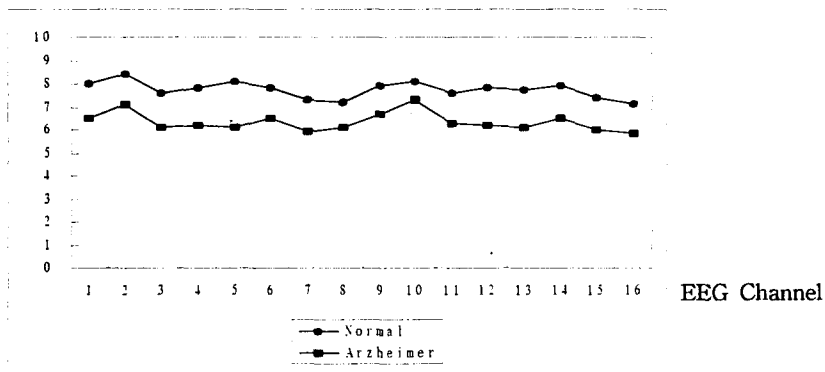


그림 4.1 Comparison the Correlation Dimensions of EEG in *Alzheimer's* disease with those in normal control groups

Correlation Dimensions

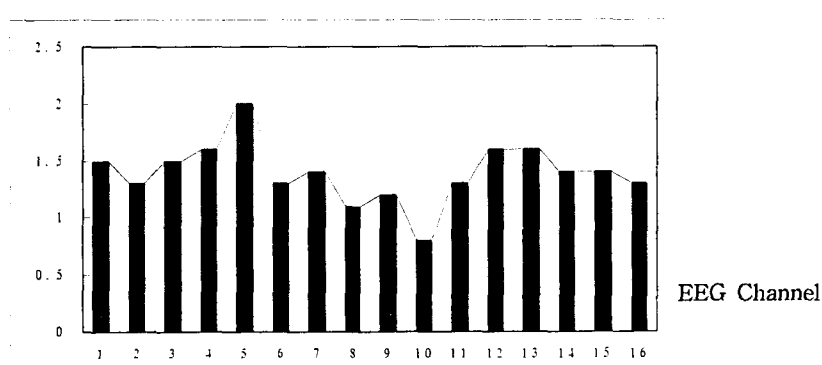


그림 4.2 Difference of the Correlation Dimensions of EEG in *Alzheimer's* disease from those in normal control groups

제 5 장 결 론

노인들의 EEG변화는 약간의 slow θ wave가 출현되거나(徐波化 경향) α wave의 감소 low amplitude가 많고 EEG 이상은 임상증상의 기간과 정도, 경련발작의 유무, 연령에 따라 다르게 나타난다. 그렇지만 현재 의학적으로 시행되는 EEG검사는 정상인 노인들과 치매환자의 증상이 있는 어떠한 특이한 소견을 찾기가 매우 힘들 뿐아니라 대개의 경우 Normal소견에 가까운 판정을 하고 있다.

그러므로 EEG검사를 이용하여 치매성을 판단하는데 신뢰성이 있는 Data를 구축하여 명확한 의학적 판단에 도움을 줄 수 있는 도구가 절실히 필요하게 됨을 느끼게 되었다.

본 연구에서는 EEG의 비선형분석법이 치매증을 조기에 발견할 수 있는 객관적인 진단도구로 활용할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 방법에 의한 실험결과를 보면 정상인과 이상이 있는 환자가 그림 1.1과 그림1.2에서 보는 바와 같이 뚜렷한 구별이 가능하다. 즉, 치매환자들은 정상인에 비하여 전체적으로 Correlation Dimensions의 값들이 현저하게 낮게 나타났다.

비록 본 실험이 많은 환자의 실험 Data를 얻어내지 못하고 수명에 불과한 Data만으로 결과를 나타내게 되었지만 치매증의 조기진단 방법으로 유용하다고 볼 수 있다. 앞으로 계속적인 환자의 Sample Data를 수집 분석함으로써 정상인과 치매환자를 구별할 수 있는 상관차원 범위의 값들을 설정할 필요가 있다.

그리고 본 연구에서는 Nonlinear Analysis을 통한 Correlation Dimensions의 값으로써 치매를 진단하는데 객관적인 방법을 제시하였는데 다음 논문에서는 Lyapunov exponent를 이용한 결과의 값을 통하여 본 연구의 신뢰성을 높이고자 한다.

참고문헌

1. 精神醫學, 일조각, 이정균, pp.430-431 (1981)
2. Mingzhou Ding, Celso Grebogi, Edward Ott, Tim Sauer, James A.Yorke, "Estimating correlation dimension from a chaotic time series: when dose plateau onset occur?", *physica D*, vol.69, pp. 404-424,1993.
3. Ary L. Goldberger, "Fractal Mechanisms in the Electrophysiology of the Heart", *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, pp.47-52, june, 1992.
4. Francisc. Moon, *Chaotic vibration*, John Wiley & Sons, Inc, 1987.
5. William Deering, Bruce J.West, "Fractal, Physiology", *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, pp.40-46, june, 1992.
6. G.L.Baker, J.P.Gollub, *Chaotic Dynamics*, New York, Cambrige University Press, 1990.
7. Alan Wolf, Jack B.Swift, Harry L.Swinney, John A.Vastano, "Determining Lyapunov exponents from a time series", *Physica D*, vol 16, pp.285-317, 1985.
8. D.S.Broomhead and Gregory P.King, *Physica D*, 20, 217 (1986)
9. Martin Casdagli, Stephen Eubank, *Nonlinear Modeling and Forecasting*, A Proceedings Volume In The Santa Fe Institute Studies In The Sciences Of Complexity, pp. 361-378, 1991.