

## 뉴로피드백(Neurofeedback) 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 뇌파활성도와 인지수행력에 미치는 효과

이영신<sup>1</sup>, 김상엽<sup>2</sup>, 김찬규<sup>2</sup>, 정대인<sup>2</sup>, 김경윤<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>동신대학교대학원 물리치료학과, <sup>2</sup>광주보건대학교 물리치료학과, <sup>3</sup>동신대학교 물리치료학과

### The effect of Neurofeedback training on brain wave activity and cognitive performance in chronic stroke patients

Young-Sin Lee<sup>1</sup>, Sang-Yeob Kim<sup>2</sup>, Chan-Kyu Kim<sup>2</sup>,  
Dae-In Jung<sup>2</sup> and Kyung-Yoon Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Dongshin University

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Gwangju Health University

<sup>3</sup>Dept. of Physical Therapy, Dongshin University

**요 약** 본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 뉴로피드백(Neurofeedback) 훈련이 뇌파활성도와 인지수행력 변화에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 6개월 이상이 지난 만성 뇌졸중 환자들 중 사전 검사를 통해 선별된 20명을 각 군당 10명씩을 무작위 배치하였다. 대조군(n=10)은 일반 물리치료군, 실험군(n=10)은 일반 물리치료와 뉴로피드백 훈련군으로 나누어 총 4주간 실시하였다. 일반 물리치료는 1회 30분씩, 주 5회 적용하였고, 뉴로피드백 훈련은 일반 물리치료와 동일하게 적용하여 총 20회를 실시하였다. 효과를 알아보기 위해 중재 전, 중재 후, 중재가 끝난 2주 후 뇌의 전기 생리학적 측정방법인 뇌전도(EEG) 검사로 과제 시 절대 스펙트럼 파워를 산출하여, 기준뇌파에 대한 증감률(%)을 비교하였고, 인지수행력 변화는 임상적 평가도구인 MMSE-K, Stroop Test, Digit Span Test를 실시하였다. 뇌전도를 통한 뇌파 변화를 비교한 결과, 중재 후와 중재가 끝난 2주 후에서 대조군에 비해 실험군에서 절대  $\alpha$  파와 절대  $\beta$  -SMR파는 유의하게 증가되었고, 절대  $\theta$  파는 유의하게 감소하였다. 또한, 임상평가에서 MMSE-K 점수는 유의하게 증가하였고, Stroop Test와 Digit Span Test에서는 오류의 수가 유의하게 감소하였다. 이상의 결과로 볼 때 뉴로피드백 훈련은 만성 뇌졸중 환자의 뇌파 조절을 통해 인지수행력을 개선시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었고, 본 연구는 뇌파 조절을 통한 뇌를 직접 훈련하는 뉴로피드백 훈련 효과를 규명함으로써 뇌졸중 환자의 새로운 훈련가능성을 제시하고자 하였다.

**Abstract** This study was done objected to the chronic stroke patients in order to evaluate change in brain wave activity and cognitive performance when Neurofeedback training. The subjects were over 6 months ago in chronic stroke patients screened-test through the 20 patients, 10 persons in each group were randomly placed. This was carried out in 4 weeks in total, with control group(n=10) on general physical therapy and experimental group(n=10) on general physical therapy along with Neurofeedback training. The general physical therapy was applied 5 times a week, 30 minutes at once, Neurofeedback training was applied as equally as the general physical therapy, which makes 20 times in total. To learn about the effect before the training, after training, and 2 weeks after the training in electric physiological measurement method of the brain, electroencephalogram(EEG) to examine challenges by calculating the absolute spectrum power for standard EEG change(%), followed by evaluation with clinical assessment tool MMSE-K, Stroop Test, Digit Span Test. As a result of comparing the change in brain wave through EEG, after training and 2 weeks after training showed that absolute  $\alpha$  -power and absolute  $\beta$  -SMR power of experimental group have increased and absolute  $\theta$  -power decreased significantly compared to experimental group I. Moreover, the MMSE-K score in trial appraisal has increased significantly, and the error in Stroop Test and Digit Span Test has decreased significantly. such results, with the chronic stroke patient's brain wave control, Neurofeedback training was determined to improve the cognitive performance. this study suggests a new training possibility of stroke patients by identifying the training effects of Neurofeedback training that trains the brain directly with brain wave control.

**Key Word** : Chronic stroke, Cognitive performance, EEG, Neurofeedback training

\*Corresponding Author : Kyung-Yoon Kim(Dongsin Univ.)

Tel: +82-61-330-3395 email: redbead7@hanmail.net

Received February 15, 2013

Revised (1st March 18, 2013, 2nd March 29, 2013)

Accepted May 9, 2013

## 1. 서론

뇌졸중은 뇌에 갑작스럽게 부분적인 혈액공급의 중단으로 발생되며, 신체적, 인지적 또는 감정적 장애를 일으킨다[1,2]. 특히 인지적 장애는 많은 뇌졸중 환자에게 동반되는 심각한 장애이다[3].

인지는 일상생활에서 발생하는 일들을 이해하고 들어오는 정보를 처리하여 행동하는 능력으로 집중력, 기억력, 조직력, 문제해결능력, 계산능력, 추상화 능력 등이 대표적이다[4,5]. 선행연구들은 뇌졸중 환자의 인지수행력 손상은 재활 훈련에 방해가 되는 중요한 요소이므로, 치료적인 접근이 필수적이라고 하였다[2,6,7].

최근 손상된 인지수행력의 향상을 위해서 전통적인 훈련과 더불어 컴퓨터를 이용한 즉각적인 되먹임(feedback) 제공이 가능한 전산화인지훈련(Computerized Cognitive Rehabilitation)이 시행되고 있다[6,8]. 이러한 방법은 다양한 환자에 인지수행력 향상과 일상생활 수행에 효과가 있고, 특히 세분화되고 객관적인 평가와 즉각적인 되먹임을 줄 수 있다[9-11]. 그러나 환자에 상태를 정확히 파악하지 못하면 적절한 치료가 되기 어려우며, 뇌졸중 환자가 컴퓨터 키보드와 마우스를 다루는데 상당한 제약이 뒤따른다[12,13]. 그리고 전산화인지훈련의 효과에 대한 선행연구들은 과제의 수행도와 인지평가 점수가 향상되었지만, 신경생리학적으로 전이되는 근거를 보여주지 못했다[14].

컴퓨터 모니터에 나오는 지시를 따라 판단하는 전산화 인지훈련과 다른 접근 방식으로 치료적 유효성이 입증된 특정 뇌파를 훈련하는 뉴로피드백(Neurofeedback) 훈련이 새롭게 부각되고 있다[1]. 이는 생체되먹임(Biofeedback)의 원리를 적용한 신경치료(Neurotherapy) 또는 뇌파 생체되먹임(EEG Biofeedback)으로 불린다[15]. 뇌 가소성의 원리를 기초로 두피에 전극을 붙이는 비침습적(non-invasive)인 방법을 통해 시청각적인 자가 훈련 성과에 따라 동영상 및 음악이 재생되어 특정 범위의 뇌파 훈련법을 학습하고 대뇌의 기능적 요소에 영향을 미치는 원리이다[16].

뇌파는 서파(slow wave)와 속파(fast wave) 두 종류로 나뉘는데, 서파는  $\delta$ 파(Delta; 델타파),  $\Theta$ 파(Theta; 세타파),  $\alpha$ 파(Alpha; 알파파)로 나뉘며, 각 영역의 뇌파는 인지수행력에 밀접한 관련이 있다. 특히,  $\Theta$ 파의 비정상적 증가와  $\alpha$ 파 비정상적 감소는 기억력, 실행기능의 감소와 밀접하다[15,17]. 또한,  $\beta$ 파 중 SMR(Sensory Motor Rhythm) 파의 활성화는 장기, 단기 기억력 및 집중력 향상과 밀접하다[15,18,19]. upper- $\alpha$ 파 훈련, lower- $\alpha$ 파 훈련,  $\alpha$ 파 활성화  $\Theta$ 파 억제훈련을 통하여 기억력, 깊은 안정, 몽상, 주의력

과 장기기억, 연관된 의미기억(semantic memory)등의 인지수행력의 향상이 보고되었다[20,21].

그러나, 인지수행력 향상을 위한 뉴로피드백 훈련에 연구들은 정식 FDA 승인 장비를 이용하지 않았고[22], 게임 방식을 통하여 내적 동기를 불러일으키는 Procomp Infiniti(SA7951 version 5.1, Thought Technology, Canada) 장비를 통하여 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 뇌파 활성화도에 대한 평가와 임상에서 사용 가능한 평가도구를 이용하여 훈련 후 지속적 효과를 알아보기 위해 추적조사를 실시한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 인지수행력 향상을 목적으로 다양한 훈련을 직접 적용하는 방식이 아닌, 시청각적 뇌파의 보상-억제 자가 훈련을 통한 뇌의 훈련이 뇌파의 활성화도와 인지수행력 개선에 어떠한 지속적 효과가 있는지 알아보려고 하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구설계

대상자 선정을 위하여 전반적인 인지수행력 평가인 MMSE-K를 실시하여 선별된 20명의 만성 뇌졸중 환자를 10명씩 두 군으로 무작위 배정하였다. 대조군은 일반 물리치료군, 실험군은 일반 물리치료와 뉴로피드백 훈련군이며, 대조군은 뇌졸중 환자의 재활을 위해서 실시되는 운동치료 훈련을 1일 30분씩, 4주간 주 5회 실시하였으며, 실험군은 일반 물리치료와 뉴로피드백 훈련을 각각 1일 30분씩, 4주간 주 5회 차례로 실시하였다. 측정은 중재 전(pre), 중재 후(post), 중재가 끝난 2주 후(follow up) 총 3회를 측정하였다.

### 2.2 연구대상

의학적 진단이 뇌졸중으로 발병 6개월 이상이 지난 편마비가 있는 자, MMSE-K 점수가 14~23점에 해당하는 의사소통과 이해가 가능 자, 뉴로피드백 훈련의 경험이 없는 자, 심장이나 머리에 의료장치가 삽입되지 않고 두 개골이 결손이 없는 자, 시각 장애 및 시야결손이 없는 자로 하였다. 대조군의 평균나이는  $61.1 \pm 6.08$ 세, 키와 몸무게는  $159.7 \pm 8.92$ cm,  $58.3 \pm 12.00$ kg, 유병기간은  $21.4 \pm 12.34$ 개월, MMSE-K 점수는  $15.6 \pm 1.65$ 점 이었다. 실험군의 평균나이는  $63.7 \pm 5.60$ 세, 키와 몸무게는  $160 \pm 6.86$ cm,  $56.8 \pm 9.22$ kg, 유병기간은  $21.8 \pm 18.59$ 개월, MMSE-K 점수는  $16.1 \pm 2.08$ 점 이었다. 두 집단의 특성을 비교한 결과 집단 간의 유의한 차이가 없어 동일

한 것으로 나타났다[Table 1].

[Table 1] General characteristics of subjects

	Control group (n=10)	Experimental group (n=10)	t/x2	P
Age (year)	61.1±6.08	63.7±5.60	-.995	.333
Height(cm)	159.7±8.92	160±6.86	.084	.934
Weight(kg)	58.3±12.00	56.8±9.22	-.313	.758
Duration (month)	21.4±12.34	21.8±18.59	.057	.955
MMSE-K (score)	15.6±1.65	16.1±2.08	-.596	.558
Paretic side	Left:3 Right:7	Left:2 Right:8	.800	.371
Etiology	Hemorrhage:6 Infarction:4	Hemorrhage:5 Infarction:5	.202	.653

### 2.3 중재도구

#### 2.3.1 뉴로피드백(Neurofeedback) 훈련

정식 FDA승인 뇌파 훈련 장비 인 Procomp Infiniti(SA7951 version 5.1, Thought Technology, Canada)로 아무의 방해도 받지 않고, 소음이 발생하지 않는 공간에서 치료사와 환자의 모니터가 분리되어 1:1로 훈련하였다. 전극의 부착부위는 국제 10/20 뇌파 시스템에 의거하여 Cz에 전극을 부착하고, 각각 양쪽 귀에 ground lobe와 negative lobe를 부착하여, Impedance Check 후 EEG-Z Sensor를 이용하였다[1,15]. 게임 형식의 프로그램을 바꿔가며 α(10-12Hz)-θ(4-8Hz)파[21] 청각적 훈련과 β-SMR(12-15Hz)파[23] 시각적 훈련을 1회 30분 실시하였다. 훈련의 효과를 위해 똑같은 방식의 다른 프로그램을 선행 연습 후 훈련을 실시하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] Neurofeedback training

### 2.4 측정도구

#### 2.4.1 뇌전도(Electroencephalogram; EEG)

QEEG-8(LXE3208, Laxtha Inc., Korea)을 통해 국제 10/20 시스템에 근거하여 Fz, F3, F4, Cz C3, C4에 뇌파

를 수집하였다. TeleScan 프로그램(Version 3.03, Laxtha Inc., Korea)에 수집된 EEG 신호를 분석하여 고속 푸리에 변환(FFT: Fast Fourier Transformation)을 하였다. θ파(3~8Hz), α파(8~12Hz), β-SMR파(12~15Hz) 3개의 주파수 구간대별로 EEG 강도(power)를 두피의 저항, 두개골의 두께 등에 상관없이 절대파워분석(absolute power analysis) 하였다[17]. 측정 시 잡파(artifacts)의 혼입을 줄이기 위해 움직이거나 말을 하지 않도록 주의사항을 충분히 지시하였다.

$$\left[ \frac{\text{Absolute power during task execution} - \text{Absolute power during during background EEG}}{\text{Absolute power during during background EEG}} \right] \times 100 = \text{Percentage change of absolute power (\%)}$$

[Fig. 2] The process of calculating the EEG data.

전극 부착부위를 정확히 확인 한 후 배경뇌파 측정을 위해 눈을 뜬 상태와 감은 상태로 각각 1분 측정, Stroop Test에 간섭검사를 통하여 인지수행력 과제를 해결하는 동안 3분의 뇌파를 측정, 마지막으로 눈을 뜬 상태와 감은 상태로 각각 1분을 측정하여 뇌파를 정량화하였다[1].

#### 2.4.2 한국판 간이정신상태 검사 (Mini-Mental State Examination - Korea, MMSE-K)

우리나라 문화에 맞게 수정하여 인지기능의 다양한 영역을 평가하는 도구로[24], 지남력(5점), 기억등록(3점), 기억회상(3점), 주의집중 및 계산(5점), 언어기능(7점), 이해 및 판단력(2점)의 항목으로 구성되어 있다. 또한 검사자 간 신뢰도가 r=0.999(p<0.001)로 매우 높다[25].

#### 2.4.3 스트룹 검사(Stroop Test)

종이에 적힌 글씨 색을 읽는 단순검사(Stroop simple Test)와 색 이름을 읽는 간섭검사(Stroop interference Test)로 총 소요되는 시간과 오답의 개수로 선택적 집중력을 검사하기 위해 많이 활용된다[26-27]. 본 연구에서는 뇌파 수집과 인지수행력을 평가하기 위해 사용했다. 평가 전 이해를 위하여 예시를 통한 설명과 시범을 통해 환자가 충분한 이해가 됐다고 판단되었을 때 실시하였다. 오차를 줄이기 위하여 정해진 시간동안 3회 평가 후 오류 개수의 평균값을 구하였다.

#### 2.2.4 숫자 외우기 검사(Digit Span Test: DST)

바로 따라 외우기(Digits Forward : DF)와 거꾸로 따라 외우기(Digits backward : DB)로 구성되어 즉각적 숫자 회상력(immediate digit recall)의 폭(span)을 통해 선택적

주의력, 추론, 언어 이해, 공간적 정보처리, 계획 등의 작업기억(working memory)과 주의력(attention), 집중력(concentration)을 측정하는 평가 도구이다[28]. 문항별 2, 1 또는 0점으로, 본 연구는 DF - DB의 점수가 3이하이면 정상 수준, 4면 경계선 수준, 5이상이면 손상을 기준으로 평가하였다[29].

### 3. 통계방법

본 연구의 자료는 SPSS 18.0 프로그램을 이용하여 평균 및 표준편차를 산출하였다. 대상자의 일반적 특성 및 의학적 특성에 대한 동질성 검정은 Independent t-test, Chi-square test를 실시하였다. 각 군별 측정시기에 따른 집단 내 차이 비교를 위해 one-way repeated measures ANOVA를 시행하였고, 사후검정은 bonferroni comparisons test를 실시하였다. 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정은 Independent t-test를 실시하였으며, 모든 통계학적 유의수준  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

### 4. 연구결과

#### 4.1 뉴로피드백 훈련에 따른 뇌파 변화

각 집단 내 시점에 따른  $\alpha$ 파 비교를 위한 유의성 검정에서 실험군에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타났으며( $p<0.001$ ), pre와 post( $p<0.001$ ), post와 follow up( $p<0.05$ ), pre와 follow up( $p<0.001$ ) 모두에서 사후검정결과 유의한 차이가 나타났다. 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 중재가 끝난 2주 후에 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ).

$\beta$ -SMR과 비교를 위한 유의성 검정에서 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.01$ ), 사후검정결과 pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.001$ ). 사후검정결과 pre와 post( $p<0.01$ ), pre와 follow up( $p<0.01$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다[Table 2].

$\theta$ 파 비교를 위한 유의성 검정에서 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.01$ ), 사후검정결과 pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.01$ ). 실험군도 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.01$ ), 사후검정결과 pre와 post( $p<0.001$ ), pre와 follow up( $p<0.05$ )에서 유의한 차이가 나타났다. 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 중재 후, 중재가 끝

난 2주 후에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.05$ )[Table 2].

#### 4.2 뉴로피드백 훈련에 따른 인지수행력 변화

##### 4.2.1 뉴로피드백 훈련에 따른 MMSE-K 비교

각 집단 내 시점에 따른 MMSE-K 비교를 위한 유의성 검정에서 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.05$ ), 사후검정결과 pre와 post에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 실험군도 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.001$ ), 사후검정결과 pre와 post, pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.01$ ).

각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 중재 후( $p<0.05$ ), 중재가 끝난 2주 후에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p<0.01$ )[Table 3].

##### 4.2.2 뉴로피드백 훈련에 따른 Stroop Test 비교

각 집단 내 시점에 따른 단순검사 비교를 위한 유의성 검정에서 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.05$ ), 사후검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 실험군도 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.01$ ), 사후검정결과 pre와 post( $p<0.05$ ), pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.01$ ). 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 간섭검사 비교를 위한 유의성 검정에서 대조군에서 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.001$ ), pre와 post( $p<0.01$ ), pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 실험군도 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.01$ ), 사후검정결과 pre와 post( $p<0.001$ ), pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.001$ ). 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 중재가 끝나 2주 후에 유의한 차이가 나타났다( $p<0.01$ )[Table 3].

##### 4.2.3 뉴로피드백 훈련에 따른 Digit span Test 비교

각 집단 내 시점에 따른 Digit span Test 비교를 위한 유의성 검정에서 실험군은 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고( $p<0.001$ ), 사후검정결과 pre와 post, pre와 follow up에서 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ ). 각 측정시기별 집단 간 유의성 검정에서 중재가 끝나 2주 후에 유의한 차이가 나타났다( $p<0.05$ )[Table 3].

[Table 2] The comparison of mean absolute EEG change within each groups (unit:%)

	Group	pre	post	follow up	F	P	bonferroni
α-power	Control group (n=10)	7.98±2.58	7.81±2.95	8.30±2.90	.216	.808	
	Experimental group (n=10)	7.09±2.05	9.66±2.06	11.34±2.29	115.596	.000***	a<b, b<c, a<c
	t	.853	-1.631	-2.593			
	p	.405	.120	.018*			
SMR-power	Control group (n=10)	9.61±3.02	9.29±3.06	9.19±3.26	10.220	.001**	a<c
	Experimental group (n=10)	9.45±2.26	12.55±3.38	13.22±2.6	8.542	.002**	a<b, a<c
	t	-1.311	.062	1.737			
	p	.206	.951	.099			
θ-power	Control group (n=10)	13.29±3.35	11.78±4.35	11.78±4.35	11.042	.001**	a<c
	Experimental group (n=10)	13.47±3.39	8.99±2.35	7.44±4.53	20.314	.001**	a<b, b<c, a<c
	t	.174	1.716	3.005			
	p	.864	.013*	.011*			

Mean±SD

\*\*\* : p<.001, \*\* : p<.01, \* : p<.05

a<b: pre-post, b<c: post-follow up, a<c: pre-follow up

[Table 3] The comparison of mean cognitive performance change within each groups (score)

	Group	pre	post	follow up	F	P	bonferroni
MMSE-K	Control group (n=10)	15.6±1.65	17.2±1.32	16.4±1.78	13.419	.033*	a<b
	Experimental group (n=10)	16.1±2.08	18.6±1.58	19.1±1.66	23.644	.000***	a<b, a<c
	t	-.596	-2.155	-3.508			
	p	.588	.045*	.003**			
Stroop	Control group (n=10)	4.8±1.93	4.0±1.94	3.9±1.91	4.469	.027*	
	Simple Test Experimental group (n=10)	5.0±1.05	3.8±1.32	2.7±1.25	21.083	.001**	a<b, a<c
	t	-.287	.269	1.661			
	p	.777	.791	.114			
Interference Test	Control group (n=10)	7.9±1.29	5.8±1.75	6.3±1.16	14.836	.000***	a<b, a<c
	Experimental group (n=10)	7.3±1.57	5.3±1.83	4.2±1.87	20.570	.001**	a<b, a<c
	t	.936	.624	3.014			
	p	.362	.540	.007**			
Digit span Test	Control group (n=10)	7.0±1.94	6.4±1.78	6.0±1.69	.359	.557	
	Experimental group (n=10)	7.9±0.88	5.3±1.16	4.9±1.33	10.926	.000***	a<b, a<c
	t	1.335	1.640	2.486			
	p	.198	.118	.023*			

Mean±SD

\*\*\* : p<.001, \*\* : p<.01, \* : p<.05

a<b: pre-post, b<c: post-follow up, a<c: pre-follow up

## 5. 논의 및 제언

뇌졸중 장애의 양상은 손상된 부위와 정도에 따라 다르나 대부분 다양한 영역의 인지수행력 장애를 초래한다[30]. 성공적인 재활을 하는데 있어서 필수적 요소는 명령을 수행할 수 있는 능력과 학습할 수 있는 인지수행력이 뒷받침 되어야 한다[31]. 뇌졸중 환자에 재활을 위해 최근 신경가소성(neuroplasticity)에 기초하여 손상된 부위에 재 조직화(re-organization)를 이끌어내는 교정적 접근법(remedial approach)으로 뉴로피드백 훈련이 시행되고 있다[1,15,18]. 훈련의 목적은 환자가 컴퓨터를 통해 뇌파를 스스로 조절하면서 시각적, 청각적 피드백 훈련으로 특정주파수를 강화하거나 억제시키면서 뇌파를 정상화함으로써 대뇌 기능을 회복하는 것이다[14].

이에 본 연구는 뇌졸중 환자 재활을 위한 전통적인 훈련 방법의 기존 연구들의 방법과 차별화하여 다양한 기능적 부분과 연관된 뇌 영역의 신경생리학적 지표인 뇌파를 안정된 상태에서 훈련 후 뇌파 활성화와 인지수행력의 변화에 미치는 효과를 알아보기 위해 실시하였다.

뇌파는 비침습적인 방법으로 객관적이고 간단하게 대뇌기능을 평가 할 수 있는 검사방법이며, 뇌의 활동 수준을 알 수 있는 객관적 지표이다[32]. 정상인과 비교하여 뇌졸중 환자들의 뇌파는 비정상적으로  $\alpha$ 파와  $\beta$ -SMR파는 감소하고  $\theta$ 파는 증가하며, 이는 인지수행력 장애와 밀접한 관계가 있다[33,34]. 본 연구는 QEEG-8을 이용하여 뉴로피드백 훈련에 따른 만성 뇌졸중 환자의 과제 시절대파워 증감률(%)을 비교하였다. 집단에 시기별 절대 뇌파의 증감률을 비교한 결과, 중재 후와 중재가 끝난 2주 후 실험군에서 절대  $\alpha$ 파( $p<.001$ ), 절대  $\beta$ -SMR파( $p<.01$ ), 절대  $\theta$ 파( $p<.01$ ) 모두에서 훈련의 긍정적인 결과를 얻을 수 있었으며, 대조군은 절대  $\beta$ -SMR파( $p<.01$ ), 절대  $\theta$ 파( $p<.01$ )의 시기에 따른 감소로 긍정적인 결과를 얻을 수 없었다. 과제 수행 시  $\alpha$ 파와  $\beta$ -SMR파는 활성화 되고 상대적으로  $\theta$ 파는 감소하게 된다[17,35,36]. 그러나, 대조군에서 실시한 일반 물리치료는 기능적 향상에 초점이 맞춰져 과제 수행 시 뇌파 조절에 어려움이 있었던 것으로 생각된다. 또한, 선행 연구와 비교하여 20회 이상의 중재가 뉴로피드백 훈련의 긍정적인 효과를 위해 필요함을 확인하였다[15,23,36,37]. 피드백을 통해 스스로 훈련하여 뇌파 조절에 대한 학습법을 터득하게 되어 효과가 장기간 유지된다는 연구[15,38]를 사후검정결과 중재가 끝난 2주 후에도 절대 뇌파가 유지된 결과로 뒷받침 할 수 있었다.

전두엽(frontal lobe)의 기능은 언어, 계획, 사고 과정에 일반적으로 고도의 인지, 감정, 정신적 기능 등을 담당하

고 있다[39]. 전반적인 인지수행력 변화를 확인하기 위하여 실시한 MMSE-K 점수는 대조군( $p<.05$ )에 비해 실험군( $p<.001$ )에서 유의한 증가가 있었고, 이는 뇌파 훈련을 통해 전두엽 기능의 활성화로 인지수행력의 향상에 영향을 끼친 것으로 생각된다. 그러나, 중증 인지손상에 해당되는 뇌졸중 환자의 기억등록, 주의집중 및 계산 항목의 전반적 점수 향상에 효과가 있음을 확인 하였지만 정상수준(24점 이상)에 이르기까지는 부족하였다. 이는 짧은 중재기간으로 정상수준까지 향상은 어려웠을 것으로 생각되며 효과를 입증하기 위한 긴 중재기간의 연구가 필요 할 것으로 생각된다.

Vernon 등[36]은 뇌손상 환자 10명을 대상으로 시청각적  $\beta$ -SMR파 활성화- $\theta$ 파 억제 훈련을 Cz부분에 실시한 결과 집중력과 작업 기억력이 대조군에 비해 향상되었음을 보고하였다. 또한  $\beta$ -SMR파는 주의 집중력이 유지 될 때 활성화 되고, 이는 과제를 해결하는 능력 향상에 효율적이라고 보고 하였다. Keller[40]는 집중력 장애를 가진 12명의 외상성 뇌손상 환자를 대상으로 뉴로피드백 훈련 후  $\beta$ 파가 적정수준으로 유지되었으며, 집중력 향상과 밀접한 관련이 있다고 하였다.

스트림 검사는 정확성과 속도적 측면(반응시간)을 반영함으로써 환자의 집중력을 평가하는 도구이다[26,27]. 환자 간 차이를 최소화시키고 정해진 시간에 오류 개수를 검사한 결과, 실험군에서 단순검사( $p<.01$ ), 간섭검사( $p<.01$ ) 모두 집단 내 측정 시점에 유의한 차이가 있었고, 각 측정시기별 집단 간 비교 시 간섭검사에서 중재가 끝난 2주 후( $p<.01$ )에 유의한 차이의 결과가 나왔다. 이는 대조군에 비해 실험군에서 뉴로피드백 훈련이 선택적 집중력과, 지속적 집중력에 해당되는 고차원적인 인지수행력 향상에 뇌파 훈련이 효과가 있음을 알 수 있었다 [18,19].

Carlos 등[41]은 정상인을 대상으로  $\alpha$ 파 활성화 훈련 시 상대적  $\theta$ 파의 감소와 작업 기억력에 향상을 보고하였다. Benedikt 등[20]은  $\alpha$ 파 중에서 upper- $\alpha$ 파는 장단기 기억력과 의미기억에 관련이 있다고 보고 하였다. Digit Span Test 중 Digit Forward 평가항목은 단기기억 즉, 정보의 유지만을 요구하나 Digit Backword 평가항목은 장단기 기억과 작업 기억(walking memory)에 정보의 유지뿐만 아니라 조작을 요하는 항목이다[27,28]. 본 연구의 결과 대조군은 통계학적으로 유의한 차이가 없었지만, 실험군( $p<.001$ )에서 유의한 차이가 있었다. 이는 뉴로피드백 훈련 이 장단기 기억력과 작업 기억력에 효과가 있음을 확인하였다[15,18,35]. 본 연구의 제한점은 인지손상 수준의 구분, 연령별, 교육 수준에 대한 학력, 지능 수준의 차이 등 연구결과에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있는

요인들을 고려하지 않았다는 점으로 연구결과를 일반화하기에 어려움이 있다. 또한 다양한 인지수행력 중 일부분을 검사자가 직접 평가하였다. 그러나, 본 연구의 뉴로피드백 훈련이 만성뇌졸중 환자의 인지수행력의 회복에 도움을 줄 수 있는 방법임을 규명함으로써 새로운 훈련 방법을 제시할 수 있었다.

## References

- [1] Michael Droppelmayr, Herwig Nosko, Thomas Pecherstorfer, Alexander Fink, "An attempt to increase Cognitive Performance after stroke with Neurofeedback," *Biofeedback*, Vol.35, No.4, pp.126-130, 2007.
- [2] Shumway-cook, A, Woolacott. M. H, Motor control: Translating research into clinical practice 3rd edition, Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- [3] Lindén T, Skoog I, Fagerberg B, Steen B, Blomstrand C, "Cognitive impairment and dementia 20 months after stroke," *Neuroepidemiology*, Vol.23, No.1-2, pp.45-52, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1159/000073974>
- [4] Pendleton, H. M, Schultz-Krohn, W, Pedretti's Occupational Therapy 6th edit. SanJose : Mosby, 2006.
- [5] Campbell A, J, Borrie M. J, Spears G. F, Jackson S. L, Brown J. S, Fitzgerald J. L, "Circumstance phases and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study," *Age Ageing*, Vol.19, No.5, pp345-346, 1990.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/19.5.345>
- [6] J. H. Jung, "The Effects of Neurofeedback training and Computer Assisted Cognitive Rehabilitation Training on Brainwave, Cognition, and ADL in PostStroke.," Sahmyook University, 2011.
- [7] O' Shea S, Morris ME, Iansek R, "Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks," *Phys Ther*, Vol.82, No.9, pp888-897, 2002.
- [8] H. J. Kim, S. J. Lee, K. Y. Kam, "A review of computer-assisted cognitive rehabilitation(CACR)," *Society of Occupational Therapy for the Aged and Dementia*, Vol. 2, No. 2, pp-46, 2008.
- [9] H. H. Kim, The Effects of Evidence-Based Cognitive Training Program on the Attention and Memory of Patients With Stroke, Inje University, 2009.
- [10] J. M. Sim, H. H. Kim, Y. S Lee, "Effects of Computerized Neurocognitive Function Program Induced Memory and Attention for Patients with Stroke," *J Korean Soc Phys Ther*, Vol. 19, No 4, pp25-32, 2009..
- [11] S. A. Lee, M. S. Cheong, K. J. Chai, "The Effects of the Computer-Assisted Cognitive Rehabilitation on Cognition, Perception, Activities of Daily Living on Traumatic Head Injury Patients," *The Korea society occupational of therapy*, Vol. 9, No. 1, pp123-132. 2001.
- [12] S. H. Shin, M. H. Ko, Y. H. Kim, "Effect of Computer-Assisted Cognitive Rehabilitation Program for Patients with Brain Injury," *Ann Rehabil Med*. Vol. 26, pp1-8, 2002.
- [13] Y. H. Kim, "Cognitive Rehabilitation for the Patients with Vascular Dementia," *Korean J Stroke*, Vol. 2, No. 2, pp154-157, 2000.
- [14] Thornton K.E, Carmody D. P, "Efficacy of traumatic brain injury rehabilitation: interventions of QEEG-guided biofeedback, computers, strategies, and medications," *Appl Psychophysiol Biofeedback*.. Vol.3, No.2, pp101-24. 2008  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-008-9056-z>
- [15] Wing, K, "Effect of neurofeedback on motor recovery of a patient with brain injury: a case study and its implications for stroke rehabilitation," *Top Stroke Rehabil*, Vol.8, No.3, pp45-53, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1310/4G2F-5PLV-RNM9-BGGN>
- [16] Serman, M. B, Egner, T, "Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy," *Appl Psychophysiol Biofeedback*, Vol.31, No.1, pp21-35, 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-006-9002-x>
- [17] K. van der Hiele, Vein A. A, Reijntjes R. H, Westendorp R. G, Bollen E. L, van Buchem M. A, van Dijk J. G, Middelkoop H. A, "EEG correlates in the spectrum of cognitive decline," *Clin Neurophysiol*, Vol.11.8, No.9, pp1931-1939, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2007.05.070>
- [18] Vernon, D. J, "Can Neurofeedback training enhance performance? An evaluation of the evidence with implications for future Research with implication," *Appl Psychophysiol Biofeedback*, Vol.30, No.4, pp347-364, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-005-8421-4>
- [19] Putmen, J. A, "EEG Biofeedback on a female stroke patient with depression: A case study," *J Neurotherapy*, Vol.5, No.3, pp27-38, 2001.

- DOI: [http://dx.doi.org/10.1300/J184v05n03\\_04](http://dx.doi.org/10.1300/J184v05n03_04)
- [20] Benedikt Zoefel, Rene J. Huster, Christoph S. Herrmann, "Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance. *Neuroimage*," Vol.54, No.2, pp1427-1431, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.08.078>
- [21] Reddy R. P, Rajan J, Bagavathula I, Kandavel T, "Neurofeedback training to Enhance Learning and Memory in Patient with Traumatic Brain Injury: A Single Case Study," *J Psychos Reh*, Vol.14, No.1, pp21-28, 2009.
- [22] Y. K. Park, "The effect of neurofeedback on cognitive function in stroke patients by Beta-SMR training," Inje University, 2012.
- [23] Egner, T, Gruzelier, J. H, "EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials," *Clin Neurophysiol*, Vol.115, No.1, pp131-139, 2004.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457\(03\)00353-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1388-2457(03)00353-5)
- [24] J. M. Kim, I. S. Shin, J. S. Yoon, H. Y. Lee, "Comparison of Diagnostic Validities between MMSE-K and K-MMSE for Screening of Dementia," *J Korean Neuropsychiatr Assoc*, Vol 42, No. 1, pp124-130, 2002.
- [25] Y. C. Kwon, J. H. Park, "Korean Version of Mini-Mental State Examination (MMSE-K)," *J Korean Neuropsychiatr Assoc*, Vol. 28, pp125-135, 1989.
- [26] Strauss G. P, Allen D. N, Jorgensen M. L, Cramer S. L, "Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: an investigation of color-word and picture-word versions" *Assessment*, Vol.12, No.3, pp330-337, 2005.
- [27] G. A. Kim, M. J. Lee "Memory disturbance and Executive dysfunction of patients with traumatic brain injury: according to severity of brain injury", *Journal of Koreanpsychology*. Vol. 24, No. 4, pp.849-867, 2005.
- [28] Y. W. Kang, J. H. Chin, D. L. Na "A Normative Study of the Digit Span Test for the Elderly", *Journal of Koreanpsychology*. Vol.21, No.4, pp.911-922, 2002.
- [29] H. G. Kim, T. J. Park, "Korean norm for the difference between digits forward and digits backward," *The Korean Journal of Clinical Psychology*, Vol. 22, No. 3, pp599-613, 2003.
- [30] Mercier L, Audet T, Hebert R, Rochette A, Doubois M. F, "Impact of motor, cognitive, and perceptual disorders on ability to perform activities of daily living after stroke," *Stroke*, Vol.32, No.11, pp2602-2608, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1161/hs1101.098154>
- [31] S. R. Lee, "A study on relationship between activities of daily living and cognitive score in stroke patients," Daegu University, 2003
- [32] H. R. Yang, "Effects of neurofeedback self-regulated training on recall and recognition," Busan university, 2009.
- [33] Chariter, D, Chariter, L, "QEEG Assessment of Traumatic brain injury and stroke patients," *J Neurotherapy*, Vol.7, No.1, pp113-134, 2003.
- [34] Bearden T. S, Cassisi J. E, Pineda M, "Neurofeedback training for a patient with thalamic and cortical infarctions," *Appl Psychophysiol Biofeedback*, Vol.28, No.3, pp241-53, 2003.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024689315563>
- [35] Klimesch W, Doppelmayr M, Hanslmayr S, "Upper alpha ERD and absolute power: their meaning for memory performance," *Prog Brain Res*, Vol.159, pp151-165, 2006.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123\(06\)59010-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123(06)59010-7)
- [36] Vernon D, Egner T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, Gruzelier J, "The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance," *J Psychophysiol*, Vol.47, No.1, pp75-85, 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760\(02\)00091-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760(02)00091-0)
- [37] Byers, A. P, "Neurofeedback therapy for a mild head injury," *J Neurotherapy*, Vol.1, No.1, pp22-37, 1995.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1300/J184v01n01\\_04](http://dx.doi.org/10.1300/J184v01n01_04)
- [38] Schaechter J. D, "Motor rehabilitation and brain plasticity after hemiparetic stroke," *Prog Neurobiol*, Vol.73, No.1, pp61-72, 2004.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pneurobio.2004.04.001>
- [39] Russell A. Barkley, Gail Grodzinsky, George J. DuPaul, "Frontal lobe functions in attention deficit disorder with and without hyperactivity" A review and research report, Vol.20, No.2, pp163-188, 1992.
- [40] Keller I, "Neurofeedback therapy of attention deficits in patients with traumatic brain injury," *Journal of Neurotherapy*, Vol.5, No.1-2, pp19-32, 2001.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1300/J184v05n01\\_03](http://dx.doi.org/10.1300/J184v05n01_03)
- [41] Carlos Escolano, Monica Aguilar, Javier Minguez, "EEG-based upper alpha Neurofeedback training improves working memory performance," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, pp2327-2330, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090651>



**이 영 신(Young-Sin Lee)**

[정회원]



- 2010년 2월 : 광주보건대학교 물리치료학과 (졸업)
- 2013년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 박사과정

<관심분야>

신경계 물리치료, 운동치료

**정 대 인(Dae-In Jung)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (물리치료학 석사)
- 2006년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (이학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 광주보건대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

심폐물리치료, 연부조직치료

**김 상 엽(Sang-Yeob Kim)**

[정회원]



- 1992년 2월 : 조선대학교 대학원 생물학과 (이학석사)
- 2000년 9월 : 전주대학교 대학원 생물학과 (이학박사)
- 1986년 3월 ~ 현재 : 광주보건대학교 물리치료과 교수

<관심분야>

물리치료학기초

**김 경 윤(Kyung-Yoon Kim)**

[정회원]



- 2004년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (물리치료학 석사)
- 2007년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

신경과학, 운동치료학

**김 찬 규(Chan-Kyu Kim)**

[정회원]



- 1999년 8월 : 조선대학교 보건학과 (보건학 석사)
- 2005년 2월 : 동신대학교 물리치료학과 (이학박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광주보건대학교 물리치료과 교수

<관심분야>

신경계물리치료