

뇌파 밴드 분석을 통한 집중력 연구

조상흠*, 김판기* 안창범*
 광운대학교 전기공학과*

Study of attention using the EEG bands

Sang-heum Cho*, Pan-ki Kim*, Chang-beom Ahn*
 Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University*

Abstract - 주의력이 부족하거나 산만함으로 인하여 문제 해결 능력이 저하되거나, 자율적이며 자생적인 사고의 부족으로 자기 주도 학습이 안 되는 이를 도와주는 뉴로피드백 기술을 개발하고자, 집중력과 뇌파 영역의 상관관계를 연구하였다. 양궁게임을 집중력을 유발시키는 도구로 사용하였으며, 개발한 2채널 뇌파 측정기로 뇌파를 측정하여 주파수 분석을 하였다. Beta파, SMR파, High Beta파가 집중과 상관관계가 높음을 도출하였다.

1. 서 론

인간의 정신적 사고와 행위는 두뇌에 의해 이루어지고 있어 신경 심리학적으로 인간은 활발한 정보 처리를 통한 학습 및 기억활동을 수행한다. 대뇌의 뇌신경 생리학적 지표를 이용하여 인간의 사고활동에 대하여 두뇌의 기능 상태를 과학적으로 조사하는 방법으로 뇌파 측정이 있다. 뇌파 측정은 비침습적 방법으로 두뇌의 기능 상태를 실시간으로 조사하는데 유용한 신경 과학적 연구 방법이라고 할 수 있다.

뇌파를 이용한 뉴로피드백 연구는 주요 관심주제와 연구 방법론에서 조금씩 차이가 있으나 자신의 의지에 의해 긍정적으로 뇌파를 생성시켜 인지 능력을 향상시키고자 하는데 공통된 목적을 갖고 있다. 뉴로피드백은 피검자의 뇌파 정보를 측정하여 시각, 청각, 감각 등의 감각신경 기관으로 피드백 입력을 가하여 뇌 발달이나 정신질환에 필요한 뇌파를 스스로 조절하여 뇌신경 네트워크를 발달시키는 뇌 훈련 기술이다.

본 연구는 주의력이 부족하거나 산만함으로 인하여 문제 해결 능력이 저하되거나, 자율적이며 자생적인 사고의 부족으로 자기 주도 학습이 안 되는 이를 도와주는 뉴로피드백 기술을 개발하고자, 집중력과 관련된 뇌파 영역을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 EEG

EEG(뇌파)는 Electroencepharogram의 준말로 뇌의 신경세포가 활동함에 따라 나오는 전기적 신호의 총체적인 정보를 사람의 머리 피부에서 측정된 전기적 신호, 즉 뇌파를 말한다. 뇌파는 뇌의 신경세포의 활동에 의해 변화하는 것이기 때문에 뇌 활동성을 대변해주는 것이라고 할 수 있다.

뇌는 부위별로 그 기능이 세분되어 있으며, 의식 상태와 정신활동에 따라 변하는 특정한 패턴이 있다. 인간의 뇌에서 나오는 뇌파는 <표 1>과 같다. 뇌파(Brain waves)는 뇌에서 발생하는 0.1~80Hz에 걸친 넓은 저주파 영역을 포함한 작은 파동 현상이다.[1]

<표 1> 뇌파의 주파수 대역과 뇌의 활동상태 특성

뇌파명	주파수 대역	뇌의 활동상태
High Beta	20~35Hz	경직된 상태, 불안, 긴장
Beta	15~20Hz	집중, 뇌의 스트레스 상태, 활동상태
SMR	12~15Hz	움직이지 않는 상태에서 집중력을 유지하는 상태
Alpha	8~12Hz	안정한 상태
Theta	4~7Hz	졸리는 상태, 망상
Delta	0.1~3Hz	숙면 상태, 깨어 있을 시 뇌 이상 상태

전극 부착법에는 감각 운동피질(CX, TX)중심 전극부착법과 전두엽(FP)중심 전극 부착법, 후두엽(PX)중심전극 그리고 뇌 전체 전극부착법(QEEG)이 있다.

뇌파 측정은 객관적, 비침습적, 연속적으로 간단하게 대뇌 기능을 평가할 수 있는 검사법으로, 현재 대뇌 기능 평가법 중에서 가장 우수하게 방법으로 인식되고 있다.

2.1.1 뇌기능 분석

뇌파 측정기에 의해 측정되는 신호는 시계열 전압 신호로서 배경 뇌파와 지배 뇌파를 구분하는 것으로 뇌의 상태를 파악하는 것이 의학적으로 사용되는 방법이다. 하지만 뇌파는 시계열 신호가 특정 주파수로 확연히 구별되는 신호가 아니고 다양한 정보가 포함되어 있기 때문에, 시계열 분석보다는 주파수 분석이 용이하다. 본 연구에서는 고속푸리에 변환을 통한 주파수 파워 스펙트럼 분석법을 사용하여 각 주파수를 영역별로 묶어 각 뇌파의 주파수 스펙트럼의 파워를 분석하였다.

2.2 실험의 방법과 절차

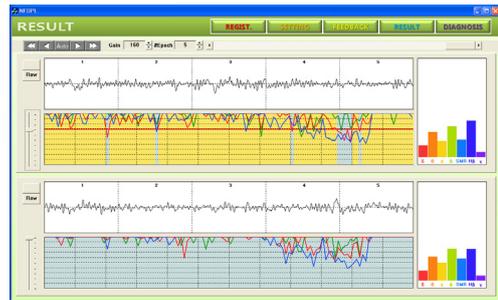
2.2.1 연구 목적

SMR파의 중심주파수는 12.7Hz 이며 범위는 12~15Hz이다. SMR파는 속파에 속하며 수동적 두뇌활동상태이다. 최근에 발견된 아주 중요한 영역으로써, 귀아래에서 두뇌위 중심까지의 대뇌(신피질)영역에 지배적으로 발생되며, 긴장하지 않는 상태에서 집중이 이루어져 스트레스를 받지 않고, 쉽고도 간단하면서도 정확히 수행을 할 수 있는 상태에 나타난다. 주의력 부족 시에 주로 이 영역을 집중훈련 한다. Beta파는 간단한 집중력이 요구되는 문제를 해결하거나, 의식 상태에서 긴장이완요구 시 나타난다.[2]

SMR파와 Beta파의 특성을 검증하기 위하여, 집중력이 필요한 게임인을 활용하였다. 집중하였을 시, 뇌파의 변화가 속파(SMR, Beta, High Beta)의 파워 스펙트럼이 증가함을 검증할 것이다.

2.2.2 측정 도구

뇌파를 측정은 개발한 2채널 이동식 뇌파 측정기로 측정하였다. 전두엽(FP)중심 전극 부착법을 활용하여, 측정 전극은 Fp1, Fp2에 부착하고, Reference 전극은 귀의 뼈 부근에 부착하였으며, Ground전극은 목뒤에 부착하였다.



<그림 1> 2ch 뇌파 측정 프로그램

<그림 1>의 뇌파 측정 소프트웨어는 개발한 뉴로피드백 프로그램을 활용하였다. 오른쪽의 무지개 색의 바가 실시간 뇌파밴드의 파워스펙트럼을 나타낸다.

집중력을 유발하기 위하여, 집중을 필요로 하는 양궁 게임을 활용하였다. 양궁 게임은 과녁 조준경이 바람에 따라 좌우로 이동하고, 활을 들고 있는 시간의 지남에 따라 과녁은 점점 작아지며, 더 많은 집중과 컨트롤을 필요로 한다. 또한, 팔의 아픔을 나타내기 위하여 아래로 조준경이 내려가는 난이도 있는 게임이다.

2.2.3 연구 대상

20대 초반부터 50대 초반까지의 건강한 정신을 가진 남성 6명과 여성 3명을 검사하여 뇌파 변화 및 결과를 측정하였다. 실험군과 대조군으로 나누지 않고, 모두 자신의 상태에 대한 적용 실험 데이터와 대조 실험 데이터로 비교하였다. 피검자 모두는 집중에 대한 어려움은 없는 것으로 구두 설문에 답하였다.

2.2.4 실험 방법

피험자에게 뇌파측정의 내용과 순서를 미리 알려준 후, 측정 의자에 가장 편안한 자세로 앉도록 하였으며 이때 조명은 너무 밝지 않도록 하였다. 이때 뇌파를 찍는 동안 전자파와 급속 물질이 닿지 않도록 하였으며, 조용한 분위기를 조성하여 측정하였다.

실험은 <표 2>에서와 같이 모든 조건은 동일하며, 집중을 한 경우와 안 한 경우로 교번하여 2회씩 총 4회 실험을 수행하였다. 집중 실험은 과녁의 높은 점수를 내기 위하여 방해하는 요인은 간단한 활쓰기이며, 집중하지 않은 실험은 키보드 동작은 동일하게 하지만, 점수와는 상관없는 컨트롤을 하도록 하였다. 집중력과 집중하지 않은 실험을 각각 5분씩 총 40분 측정하였다. 전극 부위는 인간의 인지 및 사고 작용, 그리고 학습과 관련된 두뇌 활동과 관련된 중요한 기능을 하는 전두엽에 측정하였다. 주의 사항은 편안한 자세에서 키보드 동작외의 움직임을 최소화하였다. 손으로 키보드 조작과 눈을 뜨고 뇌파를 측정하기 때문에 집중력과는 상관없는 근전도, 안전도가 발생할 수 있다. 이를 검증하기 위하여 눈만 뜬 상태의 조건일 경우의 뇌파를 측정하여 뇌파의 오염 양상을 측정하였다.

<표 2> 실험 프로토콜 설계

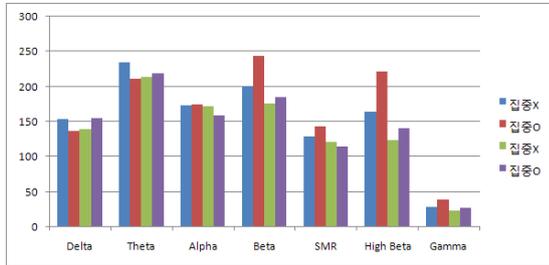
조건	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
눈의 상태	Open	Open	Open	Open
키보드	방향키, 발사	방향키, 발사	방향키, 발사	방향키, 발사
집중	X	O	X	O
눈의 깜박임 artifact	제거	제거	제거	제거
측정시간	5분	5분	5분	5분

2.3 결과

2.3.1 실험 분석

눈만 뜨고 측정된 실험과 눈을 뜨고 집중력 게임을 한 경우는 상관관계가 매우 낮으며, 몸을 뒤척거리지 않는 이상 근전도에 의한 노이즈는 낮다. 또한, 눈을 깜박이는 경우의 뇌파는 안전도가 뇌파를 오염시킨다. 이를 제거하기 위하여, 안전도의 특성을 살펴 본 결과, 안전도는 일반적인 뇌파의 세기보다 3배 이상 크게 나타남을 알 수 있었다. 이와 같이 안전도가 혼합된 뇌파는 분석에서 제외되었다.

<그림 2>은 피검자 중 집중과 집중하지 않은 실험의 확연한 차이를 보여주는 데이터이다. 특히, 다른 뇌파에 비해 Beta, High Beta의 차이가 뚜렷하다.



<그림 2> 실험 프로토콜에 의한 뇌파 변화

집중된 실험, 그리고 집중하지 않은 실험을 교번으로 측정한 결과, 각 피검자간의 지배 뇌파는 <수식 1>에 의거하여 <표 3>에서와 같이 차이가 있다. 하지만, 집중안 한 실험과 비교하여 집중하였을 시의 뇌파는 속파인 Beta, SMR, High Beta파의 증가하는 양상이 있다.

$$\frac{(\sum \text{집중된실험} - \sum \text{집중하지않은실험})}{2} \quad \text{<수식 1>}$$

<표 3> 집중 여부에 따른 스펙트럼 변화

피검자	Delta	Theta	Alpha	Beta	SMR	High Beta
#1	-0.77	-8.81	-5.78	25.97	3.96	37.57
#2	0.11	-14.49	-7.25	9.88	1.24	3.09
#3	0.6	31.52	27.37	34.26	20.17	34.93
#4	4.52	2.57	-12.98	-3.52	4.17	-13.35
#5	8.42	-2.3	-54.92	-18.84	21.28	21.16
#6	2.63	3.44	10.3	6.94	10.87	2.09
#7	-2.36	5.44	2.3	-8.05	-1.62	-3.13
#8	-2.69	2.38	1.3	-11.18	1.68	-8.46
#9	1.07	-3.47	2.37	34.26	15.17	24.93

평균	1.28	1.8	-4.14	7.74	8.55	10.98
----	------	-----	-------	------	------	-------

<표 4>는 집중한 실험과 집중하지 않은 실험의 총합이다.

<표 4> 각 실험의 뇌파 밴드별 평균

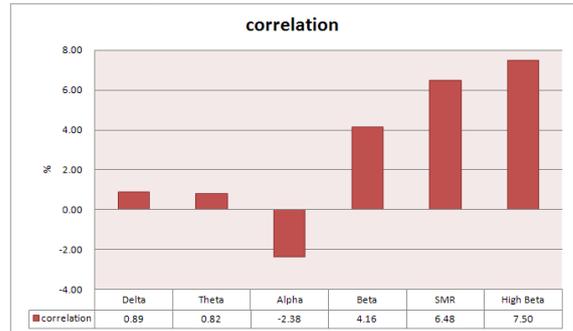
피검자	Delta	Theta	Alpha	Beta	SMR	High Beta
#1	146.07	219.68	169.81	201.26	126.81	162.82
#2	124.22	200.8	128.64	127.06	86.009	87.428
#3	150.63	247.72	213.1	302.36	166.16	284.2
#4	96.03	185.37	186.85	153.25	103.97	121.9
#5	245.08	321.27	223.22	206.76	217.45	140.24
#6	143.98	233.46	142.41	133.4	88.25	94.36
#7	136.48	129.46	123.91	125.9	82	86.98
#8	132.25	228.9	157.5	151.74	104.13	101.56
#9	129.34	210.22	220.69	272.36	213.66	239.2
평균	144.9	219.65	174.03	186.01	132.05	146.52

<표 5>는 <표 3>을 각 실험의 뇌파 밴드의 평균<표 4>으로 나누어 구한 비율이다. 이는 양수이면 집중과 관련되어 있으며, 그 크기가 클수록 상관도가 높음을 나타낸다.

<표 5> 집중과의 상관도를

피검자	Delta	Theta	Alpha	Beta	SMR	High Beta
평균(%)	0.88	0.82	-2.38	4.16	6.47	7.49

이와 같이 획득한 9명의 결과를 집중과 상관관계를 구하면, <그림3>과 같이 Beta, SMR, High Beta 밴드가 높음을 알 수 있다.



<그림 3> 뇌파와 집중의 상관 관계

2.3.2 고찰

본 연구결과에서는 키보드 동작에 의한 뇌파의 오염 정도가 뚜렷하게 나타나지 않았지만, 개인별로 움직이는 양상이 다르므로, 실험 전 반드시 피험자에게 되도록 움직임을 삼가야 함을 숙지 시켜야 한다. 또한, 눈 뜨고 측정하기 때문에 각 Epoch마다 안전도의 혼합을 확인하여야 한다. 측정 시간을 늘려서 시간의 흐름에 따라 집중도가 달라지는 것에 대한 차후 실험 설계와 분석이 필요하다.

3. 결 론

주의력이 부족하거나 산만함으로 인하여 문제 해결 능력이 저하되거나, 자율적이며 자생적인 사고의 부족으로 자기 주도 학습이 안 되는 이를 도와주는 뉴로피드백 기술을 개발하고자, 집중력과 뇌파 영역의 상관관계를 연구하였다. 양궁게임을 집중력을 유발시키는 도구로 사용하였으며, 개발한 2채널 뇌파 측정기로 뇌파를 측정하여 주파수 분석을 하였다. 9명의 건전한 정신을 가지는 피험자를 대상으로 집중과 집중하지 않은 실험을 교번으로 측정하였다. 안전도와 근전도가 혼합된 뇌파는 분석에서 제외 시켰다. 교번으로 측정한 결과, 집중과 상관관계가 높은 뇌파 밴드는 Beta파, SMR파, High Beta파가 높은 결과를 도출하였다.

[감사의 글]

본 연구는 중소기업청에서 시행하는 산학협력실사업의 지원을 받았다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김대식, 뇌파검사학, 고려의학, 2001.
- [2] 박상남, 신경생리검사학, 고려의학, 2001.