

청소년기 세타파 감소를 위한 전전두엽 뉴로피드백 훈련 효과

변윤언
경기대학교 청소년학과

Effect of Prefrontal lobe Neurofeedback Training for reducing Adolescent Theta wave

Youn-Eon Byun

Dept. of Youth Science, Kyonggi University

요약 이 연구는 뉴로피드백 훈련이 청소년기 세타파를 감소하는 데 효과가 있는지를 알아볼 목적으로 이루어졌다. 경기도에 거주하는 초기청소년 35명을 대상으로 2016년 4월부터 10월까지 6개월간 청소년상담실에서 이루어졌다. 사전 뇌기능검사에 참여한 대상자 중 참여여건과 의사에 따라 무처치 비교군(A) 10명, 12주훈련집단 실험군(B) 15명, 24주훈련집단 실험군(C) 10명으로 분류하여 설계하였다. 뇌파측정 및 뉴로피드백 훈련은 (주)파낙토스의 전전두엽 2채널 뉴로하모니S와 두뇌최적화 소프트웨어로 수행하였으며 뇌파데이터 처리는 (재)한국정신과학연구소에서 개발한 Brain Analysis ver 1.3을 사용하였다. 이렇게 도출한 데이터는 통계처리가 가능하도록 SPSS 21.0으로 변환하였다. 청소년들의 세타파 감소 훈련을 위해 개별적으로 훈련 프로토콜을 정해주었으며 베타파 증가훈련을 통해 세타파를 감소하는 전략으로서 개인에게 알맞은 알파파, SMR, 저베타파 증가 훈련을 적용하였다. 그 결과 전전두엽 뉴로피드백 훈련을 통해 청소년들의 세타파 감소가 감소하는 것으로 확인되었고, 훈련을 받은 집단(B)(C)에서, 또 훈련의 기간이 좀더 긴 집단(C)에서 세타파 감소의 폭이 큰 것으로 확인되었다.

Abstract This research aims to assess whether neurofeedback training can reduce theta waves in adolescents. The experiment was conducted on 35 early youths living in Gyeonggi-do at youth counseling centers during April-October. According to circumstances and opinions of participants in the pre-brain analysis, they were classified into a non-training group (A), 12-week training group (B), and 24-week training group (C), containing 10, 15, and 10 members, respectively. EEG measurement and neurofeedback training was performed using the prefrontal 2-channel NeuroharmonyS and Brain Optimization program. EEG data was processed utilizing Brain Analysis ver1.3. Deducted data was converted to SPSS 21.0 to enable statistical processing. As a strategy to reduce theta through the Beta increase training, we applied the appropriate Alpha, SMR, Beta low reward training to the individual. Study results confirmed that theta waves of adolescents decreased through the prefrontal neurofeedback training. Groups (B) and (C) exhibited a greater decrease in theta waves compared with the control group.

Keywords : Neurofeedback training, Theta wave decreased, Alpha, SMR, Beta low

1. 서론

1.1 연구의 목적과 필요성

청소년기는 신체적으로 아동과 성인의 특성이 공존하는 역설적 시기라고 할 수 있다. 이러한 평가는 심리적 측면에서도 두드러지게 나타나며 청소년의 심리를 오랫동안

동안 연구했던 석학들은 질풍노도의 시기, 제 2의 탄생기, 주변인 등과 같은 용어를 통해 그 특징을 설명해 왔다[1].

그런데, 청소년기의 이러한 신체적·심리적 변화를 담아낸 개념들은 1990년대 후반 뇌과학 연구의 발전에 힘입어 상당부분 검증되기 시작하였다. 그것은 청소년기

*Corresponding Author : Youn-Eon Byun(Kyonggi Univ.)

Tel: +82-31-898-2773 email: shinejx@daum.net

Received October, 30, 2017

Revised (1st November 20, 2017, 2nd November 29, 2017)

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

에서 나타나는 보편의 특징이라고 할 수 있는 ‘시냅스(Synapse)의 변화’가 ‘뇌 속 사춘기’를 유발하게 된다는 과학적 사실이었다. 이로 인해 청소년들이 때로는 충동적이고, 지극히 예민하며, 예측 어려운 감정과 행동이 나타날 수 있음을 이해하게 되었다[2].

청소년기에는 외부환경과 자극에 따른 뇌의 가소성(plasticity)에 따라 학습 및 정서, 행동 영역에서의 긍정적·부정적 변화를 비교적 쉽게 관찰할 수 있는데, 이 연구에서는 뇌파(EEG; Electroencephalogram)를 통해 접근하고자 하였다. 뇌파연구는 주파수 대역과 변화에 따라 인간의 의식 및 심리상태를 반영해 준다는 사실과 다른 뇌영상 장치들과는 다르게 인간 발달단계에서의 두뇌 변화를 추적하는 것이 가능하다는 장점이 있다[3].

이 연구는 뇌에서 수상돌기(dendrite)가 많아지고 시냅스(synapse) 연결이 과잉생산(exuberance)되는 11세~13세의 초기청소년을 대상으로 이루어졌다. 시냅스 과잉생산 상태가 되면 청소년의 행동에는 예측불가의 엉뚱함과 질풍노도의 특징이 나타난다고 보고하고 있기 때문이다[4-5].

뇌파연구에서는 10세 아동기까지의 배경주파수가 7~8Hz로 강한 세타파 상태에 놓여있지만, 11세~13세의 경우 배경주파수가 8~9Hz와 같은 지배적인 알파파로의 이행을 겪게 된다. 따라서, 이 시기 배경주파수로 나타나는 알파파 상태는 성인으로 진입하기 위한 생애주기적인 변화와 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다[6]. 이에, 본 연구에서는 11세~13세의 청소년을 초기청소년으로 정의하고 이 시기 뇌파변화를 살펴보고자 하였다.

그런데, 임상장면에서 지속적으로 보고되고 있는 것은 청소년기 세타파(θ ;theta)에 관한 염려이다. 세타파는 인간의 의식 가운데 얇은 수면상태를 반영하며, 우리가 잠을 잘 때 꿈을 꾸는 렘(REM)수면 상태에서 나타나는 주파수이다[7].

아동기와는 달리, 청소년시기에 세타파가 지나치게 많이 발생하는 상태에서 학습을 하게 된다면, 뇌는 주의 집중보다는 얇은 수면상태의 강한 리듬에 놓이게 된다. 이러한 모순상태가 지속될 경우 학습의 효율이 낮아지게 되고 이로 인한 학습동기 부족 등 다른 문제들이 야기될 가능성이 높아진다[8].

비정상적인 형태로서 세타파 과잉을 보이는 청소년의 경우, 정신장애진단편람 DSM-V 분류에 나타난 주의력결핍장애(ADD), 주의력결핍과잉행동장애(ADHD), 틱

장애, 학습장애, 난독증, 자폐증, 급성스트레스 등의 진단을 동반하고 있는 경우가 많은데[9], 이러한 극단적인 과잉세타파의 문제가 아니더라도 많은 청소년들에게 발견되는 세타파 과잉상태는 이미 관심과 우려의 대상이 되고 있다.

따라서, 이 연구는 청소년기의 학습 및 정서, 행동에 깊이 관여하고 있는 세타파의 과잉상태를 해소할 수 있는 방법 가운데 뉴로피드백 시스템(Neurofeedback system)이라는 자기조절 훈련 요법을 적용하여 세타파 감소를 시도하고자 하였다. 뉴로피드백 훈련요법은 뇌파를 통해 자신의 상태를 모니터링하여 자율신경계의 조절능력을 향상시킴으로써 뇌의 항상성에 기여하는 과학기술이다[10].

이 연구는 다음과 같은 물음을 통해 수행하고자 한다. 첫째, 뉴로피드백 훈련은 청소년기 세타파 감소에 효과가 있는가? 둘째, 뉴로피드백 훈련량에 따라 세타파 감소에 효과의 차이가 있는가? 셋째, 이러한 연구과정을 통해 알 수 있는 개인별 프로토콜에 따른 뉴로피드백 훈련의 의미는 무엇인가?

기존의 연구가 서파감소 훈련을 위해 단일 프로토콜을 실시하였다면, 이 연구에서는 참여자에게 알맞은 맞춤형 진단을 통해 개인 프로토콜을 선정하기로 한다. 또한, 기존연구들이 뉴로피드백 훈련의 사전-사후 지수별 단일비교를 통한 효과성을 검증에 치중하였다면 이 연구에서는 서파인 세타파 과잉상태에 연구의 초점을 맞추어 검증하기로 한다. 그리고, 뉴로피드백 훈련 기간에 차이를 두어 훈련량에 따른 효과성을 검증하고자 한다.

1.2 이론적 배경

청소년기의 울동적인 세타파는 전두엽(Frontal lobe) 중심부에서 15~20%정도의 발현을 정상범주로 판단한다[11]. 이것은 청소년기뿐만 아니라 성인초기에도 나타나고, 이것이 언제나 뇌에서 문제가 되는 것이 아니다.

문제가 될 수 있는 비정상적인 과잉세타파 상태는 연령에 따라, 그리고 각 개인의 베타파(Beta) 세기의 관계 속에서 알 수 있는데, J. F. Lubar에 따르면 15세 미만의 청소년의 경우 $\theta/\beta_1 = \text{theta/beta(including SMR)}$ 이 3:1 수준이 되었을 때, 즉 세타파의 세기가 SMR (Sensori-Motor Rhythm)을 포함한 베타파 세기의 3배정도가 적정하다고 보고 있으며[12], 연령에서 요구되는 비율보다 높아질 경우 주의집중의 정도가 낮고 뇌의 활동성이 낮아져 기능적인 효율이 저하되어 있다는 것을 의미하게

된다. ADD, ADHD는 이러한 세타파 과잉상태의 대표적 질환이라고 할 수 있다[13].

6세~30세 482명의 ADHD, 부주의 환자를 대상으로 한 연구에서, 전두엽에서의 정량화 뇌파를 검사한 결과, 연령과 성별에 관계없이 전두엽에서의 각성이 감소되었다고 보고하였다. 즉 전두엽에서의 세타파와 같은 서파(Slow wave)와 특징이 각성을 감소시켰음을 증명한 것이었다[14].

또한, ADHD아동 407명과 310명의 정상아동의 정량화 뇌파를 분석한 연구에서도 특이도, 민감도, 생리학적이형 모두에서 두 집단 간 유의미한 구별이 나타났음을 보고하면서 전두엽에서의 뇌파속도에 변화가 있었고, 서파가 증가했다고 하였다. 더 중요한 사실은 두 집단의 이러한 차이가 정서적 지체보다는 발달상의 차이로 더 크게 나타났음을 보고한 것이었다[15].

이들 연구에서 보여준 전두엽에서의 세타파 과잉으로 인한 서파화 현상은 현대사회를 살아가는 많은 사람들에게 나타날 수 있는 현상이지만, 성장기에 있는 청소년에게 발현될 경우 발달상에 해결해야 할 주요 과업을 성취하는 데 방해가 될 수 있음을 보여준 연구라고 할 수 있다.

한 연구에서는 신경생리학적으로 ADHD의 특성을 밝히기 위해 40년간의 임상상을 통해 ADHD뇌파에서 높은 세타파와 베타파의 비율(θ / β)이 일관되고 타당하게 입증되었다고 보고한 바 있다. 그리고 이 비율을 감소시키기 위해서는 베타파를 강화하고 증가시킬 필요하다고 하였다[16].

이렇게 뇌파의 비율상의 문제를 해소하기 위하여 뉴로피드백 훈련이 효과가 있음을 입증한 연구도 있다. ADHD 청소년의 대뇌피질 전기활동이 휴식상태에서 알파파(Alpha)가 발생해야 함에도 불구하고 알파파가 아닌 비정상적으로 변하는 패턴인 세타파 증가, 베타파 감소가 나타났다. 이를 개선하기 위해 정상 패턴인 알파파(Alpha)의 빈도를 증가시키는 뉴로피드백 훈련을 실시하였고, 그 결과 휴식상태를 성공적으로 생성하는 데 효과가 있었음을 증명하였다[17].

또 다른 연구에서도 세타파 감소를 위한 뉴로피드백 훈련의 효과성을 검증한 바 있다. 8~19세 청소년으로 평균나이 11.4세에 해당하는 23명에게 3개월~2년간 집중적으로 뉴로피드백 여름프로그램에 참여하게 하였다. 그 결과, 4~8Hz 세타파가 없을 때 16~20Hz 베타파활성이 나타났으며, 함께 검사한 Y.O.V.A(Test of Variable

Attention), ADDES (Attention Deficit Disorder Evaluation Scale), WISC-R에서 모두 유의한 개선 효과가 있었던 것으로 보고하였다. 그리고, 뉴로피드백 훈련이 청소년의 자기조절력에 효과적인 도구임을 연구를 통해 밝혀주었다[18].

그런데, 청소년기 세타파 과잉현상은 일반적인 조건과 상담을 통해 변화되기 어려운 뇌의 생리적 현상이다. 뉴로피드백 훈련을 통해 변화를 시도한다고 해도 연령이 높을수록, 그리고 세타파 과잉상태가 심각할수록 좋은 결과로 빠르게 이어지지는 않는다. 긍정적 효과를 도출하기 위해서는 많은 훈련량, 지속적인 훈련 태도를 요구하게 된다.

그런데, 세타파 감소 및 억제를 위한 개인 프로토콜이 잘못 적용되었을 경우 훈련의 효과가 나타나지 않으며, 오히려 역작용이 발생할 수도 있다. 따라서, 뉴로피드백 훈련을 위한 맞춤형 적용은 매우 중요하다[10]. 데이터를 지수화한 연구의 경우 뉴로피드백 훈련의 효과가 초기청소년인 초등학생의 경우 20~24회에서부터 임계점이 발견된다는 보고에 근거하여 이 연구에서도 실험군을 두 집단으로 분류였다[2, 19].

이상에서 검토한 내용과 같이, 청소년기 세타파와 같은 서파 과잉상태가 발달상에 필요한 주요 과업을 해결하기보다는 오히려 방해의 요인이 될 수 있음을 알 수 있었다. 그리고, 이러한 서파상태를 해소할 수 있는 방법으로 뉴로피드백 훈련요법 효과에 대한 연구도 검토하였다.

따라서, 이 연구에서는 이러한 선행된 이론적 논의를 토대로 청소년기 세타파 감소를 위한 뉴로피드백 훈련의 효과성을 검증하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

이 연구는 2016년 4월 15일부터 2016년 10월 15일까지 6개월간 경기도 Y시에 거주하는 35명의 11세~13세 청소년을 대상으로 진행하였다.

뉴로피드백 훈련에 대한 이해를 돕기 위해 청소년과 어머니가 동석한 자리에서 사전뇌파측정 후 개별 상담을 진행하였고, 참여여건과 의지에 따라 성별에 구분없이 무처치비교군 10명, 12주 실험군 10명, 24주 실험군 15명을 분류하였다. 개별상담은 뇌전문가 2인이 수행하였

고 연구 참여, 뇌파정보 활용 동의에 관해 서명을 받았다.

2.2 연구설계

이 연구는 알파파조절훈련, SMR조절훈련, 베타파조절훈련과 같은 개인별 프로토콜에 따른 훈련을 통해 청소년들의 세타파 감소에 뉴로피드백 훈련이 효과가 있는지 검증하기 위해 다음과 같이 실험설계를 하였다.

Table 1. Experiment design

	pre-Brain Analysis	Experimental treatment	post-Brain Analysis
Comparative group(A) N=10	C1	-	C2
Experimental group(B) N=10	T1	12weeks 20~24(times)	T1
Experimental group(C) N=15	T3	24weeks 40~48(times)	T4

비교군(A) 10명은 두 실험군과 비슷한 시기에 사전사 후 뇌파측정만을 수행한 집단이고, 실험군(B)는 10명으로 12주간 주 2회씩 총 20~24회 훈련 받도록 통제된 집단이며, 실험군(C)는 24주간 주 2회씩 총 40~48회 훈련을 받도록 통제된 집단이다. 회기당 훈련 시간은 40분으로 [호흡(3분)→뇌이완 1단계(12분)→뇌이완 2단계(12분)→집중력(8분)→좌우뇌균형(5분)]의 프로그램을 사용하였다. 개인 프로토콜은 알파파훈련 1명, SMR훈련 14명, 저베타파훈련 10명으로 사전검사결과에 따라 진단한 내용을 설계에 적용하였다.

2.3 연구도구 및 자료처리

뇌파측정은 (주)파나토스의 전전두엽 2-채널시스템 뉴로하모니S를 사용하였다. 뉴로하모니S는 뉴로하모니M과 동일기종으로 미국 Grass Neurodata Amplifier System과 비교하였을 때 좌우 알파파, 베타파, 세타파 값에 대한 상관계수가 .916($P<.001$)으로 이미 연구를 통해 신뢰도와 타당도를 검증받은 바 있다[20]. 주파수 밴드는 Delta(<4Hz), Theta (4~7Hz), Alpha (8~12 Hz), Low Beta(13~20Hz; include SMR, 13~16Hz), High Beta 21~30Hz의 표준 대역이 적용되었다.

뇌파데이터 처리는 (재)한국정신과학연구소에서 개발한 Brain Analysis ver. 1.3을 사용하였고 뉴로하모니S의 두뇌최적화 소프트웨어 뇌이완 1, 2단계, 집중력 훈련을

중심으로 뉴로피드백 훈련을 진행하였다. 실험참여자 모두 자신의 아이디와 패스워드를 개별적으로 부여받아 개인프로토콜에 알맞게 스스로 훈련에 임하였다.

뇌기능분석결과는 엑셀처리 후 SPSS 21.0로 변환하여 동질성 검사를 위한 t-test 통계처리 하였다. 사전-사 후 세타파 세기를 분석하기 위해뇌기능분석결과에 나타난 세타파 대 베타파의 비율과 저베타값을 통해 사전-사 후 평균 변화량을 비교 분석하는 방법으로 자료를 처리하였다.

3. 연구결과

3.1 집단-집단 간 동질성검사 결과

이 연구에 참여한 비교군(A) 10명, 실험군(B) 15명, 실험군(C) 10명의 각 집단 간 Levene의 등분산검정에 따른 평균의 동일성에 대한 t-test를 결과는 다음과 같다.

Table 2, Table 3에서, 비교군(A)과 실험군(B), 비교군(A)와 실험군(C)와의 집단 간의 차이를 검증한 결과, 유의도가 $P(\geq .05)$ 로서 두 집단 간에 차이가 없음을 검증하였다. Table 4에서, 서로 다른 기간의 훈련량으로 설계한 실험군(B)와 실험군(C)의 집단 간의 차이를 검증한 결과에서도 유의도가 $P(\geq .05)$ 로 나타남으로써 두 집단 간에도 차이가 없음이 설명되었다. 이로써, 비교군과 실험군, 그리고 두 실험군 간의 세타파와 SMR의 비율, 저베타파의 좌우값에 의미있는 차이가 나타나지 않았으므로, 연구 수행이 가능한 동질한 집단이라고 볼 수 있다.

Table 2. Group(A)-(B) t-test results

		N	M±SD	F	df	t	P
Theta/smr Ratio left	Comparative group(A)	10	4.900±1.218	2.283	18	1.910	.148
	Experimental group(B)	10	4.024±0.789				
Theta/smr Ratio right	Comparative group(A)	10	4.740±1.103	1.176	18	1.944	.293
	Experimental group(B)	10	3.869±0.888				
low beta left	Comparative group(A)	10	2.771±1.352	.883	18	1.261	.360
	Experimental group(B)	10	3.692±1.871				
low beta right	Comparative group(A)	10	2.863±1.728	.003	18	1.477	.957
	Experimental group(B)	10	4.057±1.885				

$P(\leq .05)$

Table 3. Group(A)-(C) t-test results

		N	M±SD	F	df	t	P
Theta/smr Ratio left	Comparative group(A)	10	4.900±1.218	.290	23	1.659	.596
	Experimental group(C)	15	4.129±1.085				
Theta/smr Ratio right	Comparative group(A)	10	4.740±1.103	.113	23	1.445	.740
	Experimental group(C)	15	4.081±1.124				
low beta left	Comparative group(A)	10	2.771±1.352	3.511	23	2.225	.074
	Experimental group(C)	15	4.789±2.634				
low beta right	Comparative group(A)	10	2.863±1.728	1.672	23	2.204	.209
	Experimental group(C)	15	5.025±2.751				

P(≤.05)

Table 4. Group(B)-(C) t-test results

		N	M±SD	F	df	t	P
Theta/smr Ratio left	Comparative group(B)	10	4.024±0.789	1.002	23	.263	.327
	Experimental group(C)	15	4.129±1.085				
Theta/smr Ratio right	Comparative group(B)	10	3.869±0.888	.336	23	.501	.568
	Experimental group(C)	15	4.081±1.124				
low beta left	Comparative group(B)	10	3.692±1.871	1.136	23	1.137	.298
	Experimental group(C)	15	4.789±2.634				
low beta right	Comparative group(B)	10	4.057±1.885	1.410	23	.968	.247
	Experimental group(C)	15	5.025±2.751				

P(≤.05)

3.2 집단-집단 세타파의 변화

Brain Analysis ver. 1.3 프로그램에서 도출한 정량화 자료는 세타파 세기값을 직접 확인할 수 있는 지수가 없다. 따라서, 이미 설정되어 결과로 산출된 주의지수비율 자료를 단서로 세타파 수치를 계산할 필요가 있었다.

$$\text{주의지수비율}(r) = \frac{\theta}{SMR}$$

여기에서 $\theta = r \times SMR$ 이므로, 세타파 세기를 구하기 위해 이미 제시된 비율(r)값과 SMR값을 사용하면 된다. 그러나, 또다시 Brain Analysis ver. 1.3에서는 SMR값이

β_1 로 표현되므로, 이 연구에서는 최종적으로 $\theta = r \times \beta_1$ 의 계산식을 사용하였다.

Table 5의 사전 세타파평균을 살펴보면, 비교군(A)의 세타파 세기는 좌 11.88, 우 12.18이었고, 실험군(B)의 세타파 세기는 좌 13.86, 우 14.82이었으며, 실험군(C)의 세타파 세기는 좌 19.95, 우 19.21이었다. Table 5에서 사후 세타파평균을 살펴보면, 비교군(A)의 세타파 세기는 좌 15.56, 우 14.84이었고, 실험군(B)의 세타파 세기는 좌 13.60, 우 13.12이었으며, 실험군(C)의 세타파 세기는 좌 13.59, 우 14.19이었다. Table 6은 세 집단의 사전-사후 세타값의 평균 변화량을 정리해 본 것이다.

Table 5. Group's pre-post theta mean change

		Theta/smr Ratio mean (mV)		Beta mean (mV)		Theta mean (mV)	
		left	right	left	right	left	right
pre	Comparative group(A)	4.513	4.740	2.771	2.863	11.885	12.182
	Experimental group(B)	4.061	3.869	3.692	4.057	13.863	14.828
	Experimental group(C)	4.362	4.081	4.789	5.025	19.956	19.211
post	Comparative group(A)	4.252	4.235	3.598	3.611	15.560	14.848
	Experimental group(B)	4.744	4.566	3.132	3.215	13.602	13.129
	Experimental group(C)	4.324	4.373	3.230	3.390	13.597	14.194

Table 6. pre-post theta mean's decrease value

Theta mean	Comparative group(A)		Experimental group(B)		Experimental group(C)				
	pre	post	pre	post	pre	post			
	decrease value		decrease value		decrease value				
left	11.885	15.56	3.675	13.863	13.602	-0.261	19.956	13.597	-6.359
right	12.182	14.848	2.666	14.828	13.129	-1.699	19.211	14.194	-5.017

(mV)

Table 6에서 비교군(A)의 좌우세타파 세기는 사전보다 사후에서 좌 3.67, 우 2.66이 상승되었고, 실험군(B)의 세타파 세기는 좌 0.26, 우 1.69가 감소하였다. 실험군(C)의 세타파 세기는 좌 6.35, 우 5.01로 감소하였다. 세타파 세기의 감소폭을 비교해 보면, 실험기간 중 어떠한 처지도 하지 않은 비교군(A)의 경우 사후 세타파의 세기가 사전보다 오히려 높아진 것을 볼 수 있었고, 뉴로 피드백 훈련 처치를 한 실험군(B), (C)의 경우 사전에 비해 세타파 세기가 모두 감소한 것을 볼 수 있었다. 특히,

12주간의 훈련을 받은 실험군(B)에서보다 24주간의 훈련처치를 받은 실험군(C)에서 훨씬 더 큰 폭의 세타파 감소가 있었다.

따라서, 사전-사후 세타파 세기의 감소폭은 (A)<(B)<(C)의 결과로 나타났으며, 뉴로피드백 훈련을 안 한 것보다는 훈련을 받은 집단이, 그리고 훈련기간이 긴 집단이 세타파 감소에 효과가 있었던 것으로 확인되었다.

4. 논의 및 결론

연구결과에서와 같이, 뉴로피드백 훈련은 청소년기 주의력 부족이나 과잉행동의 문제와 관련이 깊다고 보고된 세타파 세기의 감소에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있었다. 연구물음에 따른 결과를 다음과 같이 논의하고자 한다.

첫째, 뉴로피드백 훈련이 청소년기 세타파 감소에 효과가 있음을 알 수 있었다. 뉴로피드백 훈련처치를 한 실험군(B)과 실험군(C)에서만 세타파값의 감소가 나타났다. 이를 통해 뉴로피드백 훈련이 청소년기의 세타파 상태를 긍정적으로 개선하는 데 기여한다고 볼 수 있을 것이다. 그러나, 무처치 집단인 비교군(A)는 지난 실험기간 동안 오히려 세타파가 증가한 상태로 변화하였음을 보여주었다. 이는 청소년들이 성장하는 내외적 환경을 통해 청소년들의 세타파가 증가할 수 있음을 간접적으로 확인한 것이었다.

둘째, 뉴로피드백 훈련기간이 길고 훈련량이 많을수록 세타파 감소에 더 효과적이었다는 것을 알 수 있었다. 6개월간 40~48회 처치한 실험군(C)에서 3개월간 20~24회 처치한 실험군(B)에 비해 큰 폭의 세타파 감소가 나타났다는 점에서 의미있는 결과라고 할 수 있다. 청소년기 발달에 부정적인 영향을 주는 세타파의 감소를 위해 뉴로피드백 훈련을 지속적으로, 그리고 장기적으로 꾸준히 시도할 가치가 있음을 확인한 것이었다.

실험군(B)에 나타난 세타파의 미약한 감소 변화는 초기청소년을 대상으로 하는 기존의 연구[3]에서 보고한 뉴로피드백 훈련의 효과 임계점을 확인한 것으로써 최소 20~24회의 훈련이 청소년기 뇌 변화의 시작이 될 수 있음을 보여주었다. 다시 말해, 청소년의 세타파 감소를 위한 뉴로피드백 훈련을 실시할 경우 최소 20회~24회 이상 처치할 필요가 있음을 시사해 주고 있다.

셋째, 뉴로피드백 훈련이 청소년기 세타파 감소에 기여하기 위해서는 청소년의 뇌기능 진단에 적절하고 알맞은 개인별 프로토콜이 적용되어야 한다는 점을 확인하게 되었다.

각성시 과잉세타파를 줄이기 위한 직접적인 훈련방법은 잘 사용하지 않으며, 사용한다고 하더라도 각별한 주의가 필요하다. 오히려 세타파 감소 및 억제제를 위해 각성상태를 강화하는 전략을 사용하게 되는데 개인이 지닌 뇌기능의 특징과 취약성에 따라 알파파, SMR, 저베타파 훈련을 통해 개선의 방향을 찾게 된다.

만일 개인별 프로토콜이 잘못 적용되었거나 세타파 감소 목적의 획일적인 단일 프로토콜을 적용했을 경우 뇌의 가소성이 좋은 청소년기라고 하더라도 실험기간 동안 구체적인 변화를 찾아보기 어렵고 오히려 역기능이 발생할 수도 있다. 이 연구에서 훈련의 효과성이 나타났다는 것은 개인에게 적절한 프로토콜이 적용되었음을 간접적으로 확인하는 것으로써 뉴로피드백 훈련에 있어서 정확한 훈련 프로토콜 적용이 의미있게 결과와 연결되어 있음을 알 수 있었다.

이 연구가 세타파 감소에 초점을 두고 수행된 것이지만, 뇌파의 정량적 수치 변화뿐만 아니라 학습, 정서, 행동의 측면에서 어떤 변화가 있었는지 구조화된 질적·양적 설계를 연구에서 겸하지 못했다는 한계, 그리고 실험군의 표본선정에 있어서 다양성을 확보하지 못한 점, 표본 크기가 한정적이었던 점에 아쉬움이 있다고 하겠다.

References

- [1] C. S. Kim. Theories and Issues of Youth Psychology. pp. 171-237. publisher Hakjisa, 2009.
- [2] Y. E. Byun. The Effect of Neurofeedback Training on Age Sex differences groups in Adolescence. published Seoul Buddhism University, 2010.
- [3] D. W. Kim et al. Understanding and Application of EEG pp. 13-15. publisher Hakjisa, 2017.
- [4] B. Strauch. The Primal Teen, pp. 19-171. Brockman, Inc. 2003.
- [5] P. M. Thomson, J. M. Giedd, R. P. Wood, D. McDonald, A. C. Evans, A. W. Toga. "Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor map." Nature, 404, pp. 190-193, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35004593>
- [6] P. W. Park. Introduction to Neurofeedback. pp.7-105. Institute of Korea Jungshin science, 2016.
- [7] J. S. Yoon. Clinical EEG. pp. 184-186. publisher

koreamp, 2004.

- [8] Y. E. Byun. "The Effect of Neurofeedback Training on Age differences groups in Adolescence," Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 12. no. 6, pp. 2561-2566, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.6.2561>
- [9] A. Frances. Essential of Psychiayric Diagnosis: Responding to the challenge of DSM-5(Revised Ed). pp. 29-75. Sigma Press, 2014.
- [10] S. Richard, R. Longo. Doing Neurofeedback an Introduction. pp. 15-202. Research Foundation, pp. 125-142, 2011.
- [11] J. N. Demos, Getting Started with Neurofeedback, New York: W. W. Norton & Company, 2005.
- [12] J. F. Lubar. Neurofeedback for the management of Attention-deficit/hyperactivity disorders. In M. S. Schwartz(Ed.), Biofeedback: A practitioner's guide New York: Guilford Press, pp. 493-522, 1995.
- [13] P. W. Park. "A wonderful brain that teaches itself," Nowhere, Vol. 44, pp. 162-189, 2003.
- [14] V. J. Monastra, J.F. Lubar, M. Linden, P. VanDeusen, G. Green, W. Wing, A. Phillips, T. N. "Fenger. Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: an initial validation study," Neuropsychology. vol. 13. no. 3, pp. 424-33, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.1037/0894-4105.13.3.424>
- [15] R. J. Chabot, G. Serfontein. "Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder," Biol Psychiatry. vol. 15. no. 10(Nov), pp. 951-63, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(95\)00576-5](https://doi.org/10.1016/0006-3223(95)00576-5)
- [16] K. L. Sandra, M. Scott. "Clinical Utility of EEG in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Research Update" Neurotherapeutics. vol. 9, no. 3(Jul), pp. 569-587, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13311-012-0131-z>
- [17] M. M. Lansbergen, M. Arns, M. van Dongen-Boomsma, D. Spronk, J. K. Buitelaar. "The increase in theta/beta ratio on resting-state EEG in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder is mediated by slow alpha peak frequency," Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, vol. 35, no. 1, pp. 47-52, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2010.08.004>
- [18] J. F. Lubar, M. O. Swartwood, J. N. Swartwood, P. H. O'Donnell. "Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD in a clinical setting as measured by changes in T.O.V.A. scores, behavioral ratings, and WISC-R performance. Biofeedback," Self Regul, vol 20, no. 1(Mar), pp. 83-99, 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01712768>
- [19] J. H. Jung, J. Y. Kim, S. J. Lee. "Effects of Neurofeedback Training on Unstable EEG and Inactive EEG in Growing Children and Learning Effect," Association of Korea Jungshin science. vol. 25, pp. 205-231, 2006.
- [20] Y. J. Kim. Development of brain Circulation learning Model based on EEG Analysis of learning Activities. published Seoul national University, 2000.

변 윤 언(Youn-Eon Byun)

[정회원]



- 2009년 2월 : 경기대학교 대학원 청소년학과(청소년학박사)
- 2010년 8월 : 서울불교대학원대학교 뇌과학전공(뇌과학박사)
- 1999년 9월 ~ 현재 : 경기대학교 청소년학과 초빙교수 및 외래교수
- 2008년 10월 ~ 2010년 8월 : 경기대 사회과학연구소 상임연구원
- 2017년 3월 ~ 현재 : 서울불대학원 뇌과학연구소 수석연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 한신대, 남서울대, 서울벤처대학원, 서울기독대 대학원 등 외래교수
- 2017년 12월 ~ 현재 : IBC통합뇌센터 경기1본부장

<관심분야>

청소년, 여성, 뇌중심상담기법, 뇌파심리학, 뉴로피드백, 청소년기공존질환