

청소년기 태권도 수련에 따른 정서변화: 대뇌 반구의 비대칭적 활성화에 관한 탐색적 연구

권세창(KAIST 한국과학기술원, 교원)·하제현*(계명대학교, 교수)

국문초록

본 연구의 목적은 청소년기 규칙적인 태권도 수련 참여에 따른 정서의 변화를 대뇌 반구 비대칭적 활성화를 통해 실증적으로 규명하는 것이다. 총 40명의 청소년이 본 실험에 참여하였으며, 태권도 수련 집단과 통제집단으로 나누어 연구를 수행하였다. 태권도 수련은 총 3개월간 실시하였고, 태권도 수련 전과 후에 뇌파를 측정하였다. 주요 측정영역은 전전두영역의 Fp1, Fp2와 전두영역의 F3, F4였고, 대뇌 반구비대칭 차이 지표(Log R-L)를 산출하여 자료 분석을 실시하였다. 자료 분석은 Windows SPSS Ver. 26.0 프로그램을 이용하여 반구비대칭 차이 지표에 대한 집단 간 독립표본 t검정을 실시하였고, 집단별 사전·사후 간 반구비대칭 차이 지표에 대한 대응표본 t검정을 실시하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다. 전전두영역과 전두영역에서 집단 간 통계적으로 유의한 평균차가 사후 측정에서 나타났다. 또한, 태권도 수련 집단에서 사전과 사후 간 통계적으로 유의한 평균차가 나타났다. 이와 같은 결과는 규칙적인 태권도 수련을 통해 부정적 정서는 감소하고, 긍정적 정서가 증가했음을 의미한다. 교육적 콘텐츠로써 태권도 수련의 가능성을 확인하고, 성장기 청소년의 정서발달에 있어 단기나 일회성이 아닌 규칙적인 신체활동과 운동의 중요성을 신경생리학적인 측면에서 알아봤다는 데에 학문적 의미를 가진다.

한글주요어 : 태권도 수련, 반구비대칭, 뇌파, 신체활동

* 하제현, 계명대학교, E-mail : jaehyunha@kmu.ac.kr

I. 서론

태권도 수련과 같은 규칙적인 신체활동은 성장기 청소년들에게 과연 어떠한 신경심리학적 변화를 가져올 수 있을까? 청소년기는 여러 측면에서 다양한 성장과 변화가 나타나는 시기로, 성인에게서 나타나는 상당 부분의 행동 양식과 심리·정서 상태는 아동과 청소년기에 형성되었다고 할 수 있다(Das, 2016; Kwon & Kim, 2021). 이러한 관점에서 청소년의 발달과 성장에 영향을 줄 수 있는 중재 요소로서, 규칙적인 신체활동 및 운동 참여는 다양한 측면에서 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된다(van Baak, 2021). 이러한 이점에도 불구하고 다양한 환경적 변화들로 인해 과거에 비해 청소년들의 신체활동 비율은 점점 낮아지고 있는 실정이다(Oh et al., 2019).

국내에서 어린이와 청소년에게 가장 인기 있는 신체활동 프로그램 중 하나인 태권도(Kim, Cha, Kim, Kang, & Han, 2015; Park, Park, & Gerrard, 2009)는 청소년의 신체와 인지, 정서 그리고 사회성 발달에 효과성을 가지는 것으로 알려졌다. 특히 불안 감소, 정서 조절 능력, 자립심과 리더십을 포함한 사회성 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된다(Kim & Seo, 2004; Kim et al., 2015). 그 중, 태권도 수련과 청소년의 정서발달 간의 관계는 심리, 사회, 교육학 등 여러 스포츠 관련 연구에서 다양한 변인들과 함께 꾸준히 연구되어 오고 있는 주제이다. 앞서 수행된 여러 연구에 따르면, 분명 태권도 수련을 통해 청소년들은 보다 의미 있는 정서적 성장의 기회를 가

질 수 있을 뿐만 아니라 이 시기에 형성된 긍정적 정서는 자존감, 회복탄력성 등 다른 사회심리학적 변인에도 정적인 영향을 미칠 수 있음이 밝혀졌다(김알찬, 윤원정, 송진섭, 2021; 신근우, 김성일, 황영성, 2019). 하지만 아쉽게도 대부분의 선행연구에서는 설문지를 이용하여 연구참여자가 느끼는 주관적인 상태만을 바탕으로 정서적 변화를 확인했기 때문에 실제 어떠한 신경생리학적 메커니즘을 통해 정서적 변화가 나타났는지는 실증적으로 확인할 수 없었다는 한계가 존재한다. 또한, 신경심리학적 관점에서 태권도 종목을 중심으로 한 정서 관련 연구는 대부분 전문 운동선수를 대상으로 진행되었기에 그 결과를 청소년과 같은 다른 대상에게 일반화하는 데에는 어려움이 있는 것이 사실이다. 따라서, 청소년 시기에 태권도 수련과 같은 규칙적인 신체활동 또는 운동 참여가 정서변화와 어떠한 관련이 있는지 신경생리학적 측면에서 실증적으로 탐색해 볼 필요성이 있다고 판단된다.

신경과학 분야에서는 다양한 연구를 통해 전전두엽 피질(prefrontal cortex, PFC)이 편도체 및 해마와 같은 여러 피질하 영역(subcortical region)의 활성화에 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌고, 특히 PFC의 비대칭적 활성화는 부정적 정서(불안, 우울, 슬픔 등)와 같은 심리적 반응의 변화와 관련이 있는 것으로 밝혀졌다(Silveira et al., 2019). 다시 말해, PFC 비대칭적 활성화에 대한 신경생리학적 메커니즘은 해마 및 편도체와 같은 피질 하부 구조와 연결된 영역의 활성화를 포함하는데, 왼쪽 반구 배외측(dIPFC)은 기억 형성과 긍정적 정서 및 접근 목표(approach goals)와 관련이 있는 반면, 왼쪽 반구 복배측

(vmPFC)은 비정서적 기억과 접근 동기 및 정서적 하향 조절과 관련이 있다. 대조적으로, 오른쪽 반구의 dlPFC는 기억 탐색, 부정적 감정 및 회피 목표와 관련이 있으며, 오른쪽 반구 vmPFC는 정서적 기억, 철회 동기 및 스트레스 반응과 관련이 있는 것으로 보고된다(Silveira et al., 2019). 흥미롭게도 최근 뇌전도(electroencephalogram, EEG)를 이용한 정서 연구에서는 대뇌 우측 반구의 전두엽 영역에서 정서와 관련된 모든 처리가 이루어질 수 있다는 가설(right hemisphere hypothesis)이 제기되었지만, 지금까지는 대뇌 양측 반구 모두에서 정서적 처리를 나누어 처리한다는 가설(valence hypothesis)이 보다 일반적으로 적용되고 있다(Kwon, Kim & Kim, 2020; Wyczesany, Capotosto, Zappasodi & Prete, 2018). 요약해보면, 대뇌 우반구 전두 영역의 알파파(8-13Hz) 활성화는 부정 정서 및 회피 동기와 밀접한 관련이 있고, 좌반구 전두 영역의 알파파 활성화는 정적 정서 및 접근 동기와 관련이 있는 것으로 보인다(Coan & Allen, 2004; Coan, Allen & McKnight, 2006; Davidson, 2004; Haehl, Mirifar & Beckmann, 2022; Harmon, Jones & Gable, 2018; Kwon, Kim & Kim, 2020). 이와 같은 대뇌 전두엽 반구의 비대칭적 활성화는 운동과도 밀접한 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다. 예를 들어, 운동 지속시간에 따른 정서의 변화를 EEG 대뇌 반구 비대칭의 변화를 통해 알아본 연구에 따르면, 적절한 운동 지속시간(30분)에서 대뇌 반구 비대칭의 차이 지표는 유의하게 증가하고 운동 지속시간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타났다(김성운, 2006). 그리고, Ekkekakis과 Petruzzello(2007)은 운동 중

료 후 약 20분 동안 전두영역의 반구 비대칭성 차이 지표가 증가하여 긍정적 정서와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다.

종합해보면, 신체활동 및 운동 참여와 대뇌 전두엽 반구의 비대칭적 활성화를 중심으로 한 신경생리학적 정서변화 간에 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다. 다수의 선행된 학문적 시도에서 신체활동을 포함한 운동은 긍정적 정서 형성과 정적인 상관이 있는 것으로 예측되지만 연구 대상, 신체활동의 형태, 운동의 강도, 측정 시점에 따라서 그 결과들이 다소 일관적이지 못한 것이 사실이다. 또한, 대부분의 연구는 단순한 저강도 신체활동(걷기)이나 국소적인 신체 부위를 이용한 운동을 중심으로 연구를 수행하였기에 태권도 수련과 같이 신체의 다양한 부위와 근육, 호흡 등을 활용한 규칙적인 신체활동과 정서와 관련이 있는 신경생리학적 변화 간에 어떠한 관계가 있는지는 선행연구의 결과만으로 예측하는 데 어려움이 있다. 그리고, 대부분 선행연구는 일회성 운동만으로 신경생리학적 정서변화를 관찰했기 때문에 그 변화가 일시적인 현상인지 아니면 지속적인 변화에 대한 과정에서 나타난 결과인지 명확히 논의하는 데 어려움이 있었다.

따라서 청소년 시기에 규칙적인 태권도 수련을 통해 정서와 관련이 있는 신경생리학적 반응에는 어떠한 변화가 나타나는지 실증적으로 규명할 필요성이 제기된다. 이에 본 연구에서는 EEG를 이용하여 청소년기 고등학생을 대상으로 규칙적인 태권도 수련 참여에 따른 정서의 변화를 대뇌 반구 비대칭적 활성화를 통해 실증적으로 규명함으로써 청소년기 정서발달에 있어 신체활동의 중요성을 고취

시키고, 청소년 정서발달을 위한 태권도 수련의 적합성에 관해 확인하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구참여자

본 연구에서는 A광역시 소재의 고등학교 학생을 대상으로 연구에 참여하기를 희망하는 44명의 학생 중에 연구에 적합하다고 판단되는 19명의 여학생 ($M=15.94$, $SD=.72$)과 22명의 남학생 ($M=16.09$, $SD=.68$)을 연구참여자로 선정하였다. 모든 연구참여자는 태권도 유급자로서, 사전 태권도 수련 경험이 6개월 미만($M=1.57$, $SD=1.78$)으로 품증이나 단증이 없는 학생을 선발하였다.

본 연구의 실험설계는 집단 간 설계(between-group design)로 하여 연구참여자를 두 집단인 태권도 수련 집단(Taekwondo training group, TG) 20명과 통제집단(Yoked group, YK) 20명으로 나누어 연구를 진행하였고, 남녀성비를 고려하여 집단을 구성하였다. TG집단은 미리 계획된 활동 계획에 따라 3개월간 태권도 수련에 참여하였다. 반면, YK 집단은 태권도 수련 기간 동안 특별한 운동프로그램 참여 없이 걷기 활동만을 실시하였다.

EEG 자료수집과 분석과정에서 문제가 있다고 판단되는 1명의 데이터를 제거하여 총 40명의 EEG 데이터가 최종 분석에서 사용되었다.

신경생리학적 연구의 특성상, 뇌 관련 질환을 포함한 신경학적 질환 및 정형외과적 질환이 없고 기타 질환으로 인해 약물을 복용하고 있지 않은 건강

한 남녀 고등학생을 대상으로 하였다. EEG 측정을 포함한 신경생리학적 연구나 실험에 참여해 본 경험이 없고, 최근 건강상 문제로 인해 수술을 받은 경험이 없는 대상자를 선정하였다. 그 밖에 폐소공포증이 있거나 흡연자는 피험자 선정에서 제외시켰다. 그리고, 본 연구에 참여한 모든 피험자는 오른손잡이(right-handed)로 선정되었다.

본 연구는 연구윤리를 준수하여 연구 참여 시 발생할 수 있는 위험 요소 및 기타 주의사항에 대한 정보를 연구참여자에게 상세히 제공하였고, 피험자가 원할 시에 언제든지 실험을 중단하거나 실험 참여를 포기할 수 있음을 알렸으며 실험 포기나 중단으로 인한 불이익이 없음을 충분히 설명하였다. 본 실험을 수행하기에 앞서 연구참여자와 연구참여자의 법적 보호자 그리고 담당 교사로부터 자발적인 연구 참여동의서를 받은 후 실험을 진행하였다.

2. 측정도구 및 과제

1) BAI와 EEG

본 연구에서는 실험 전, 연구참여자의 주관적 불안 수준을 알아보기 위해 Beck, Epstein, Brown, & Steer(1988)가 개발한 Beck 불안 척도(Beck Anxiety Inventory, BAI)를 이용하여 검사하였다. 이 척도는 지난 한 주간을 기준으로 각 문항에서 진술하는 증상을 읽고 불편하게 느낀 정도를 4점 척도로 연구참여자의 응답을 유도한다. 총 21문항으로 이루어져 있으며, 점수가 높을수록 불안이 높은 것을 의미한다. BAI의 내적 일치도 계수(Cronbach's alpha)는 태권도 수련 전 .84

그리고 사후 .87이었다.

본 실험에서는 QEEG-8채널(Model: LXE5208, Laxtha Inc. Korea)을 사용하여 데이터를 수집하였다.

2) 태권도 수련

태권도 수련은 태권도 예절을 포함하여 기본 동작(스텝, 구르기)과 기본 기술(스텝, 지르기, 차기, 막기) 및 품새(태극1-4장)로 구성되어 3개월 동안 태권도 생활스포츠지도사 자격증이 있는 태권도 사범이 수련을 지도하였다. 모든 연구참여자는 법정 공휴일과 주말을 제외하고 주 5회씩 태권도 수련에 참여하였으며, 일일 수련 시간은 30분이었다. 주간 태권도 수련 예시는 <표 1>과 같다. 3개월 동안의 태권도 수련은 A광역시 소재 고등학교 체육관에서 실시되었으며, 통제집단의 걷기 활동은 운동장에서 실시되었다. 태권도 수련과 통제집단 활동을 위한 집단별 하위 그룹 편성 없이 집단별로 모든 인원이 동시에 동일한 장소에서 태권도 수련과 걷기 활동을 하였다.

3. 실험 절차

본 연구는 두 집단 모두 태권도 수련 전과 후로

나누어 두 차례 BAI와 EEG를 측정하였다. 사전 측정은 태권도 수련 참여 일주일 전에 실시하였고, 사후 측정은 모든 수련이 종료된 직후 일주일 내에 측정되었다. 구체적인 실험 절차로는 연구참여자가 측정 장소에 도착하면 연구의 취지와 목적을 설명하고 실험 참여동의서를 받았다. 본 실험 전, 연구참여자는 BAI를 측정하고, 소지하거나 착용하고 있는 금속 물질과 전자기기를 신체로부터 제거하였다. 연구참여자에게 전극이 부착된 모자(Electro-cap: EM1)를 착용시킨 후, 국제 10-20 전극배치법(Jasper, 1958)에 따라 관심 영역(region of interest)인 Fp1(좌측 전전두엽), Fp2(우측 전전두엽), F3(좌측 전두엽), F4(우측 전두엽)에 젤을 삽입하였다. 참조전극(reference electrode)은 양쪽 귓볼에 부착하였고, 그라운드 전극은 전두엽과 이마 사이에 부착하였다. 안구전도(EOG) 기록을 위하여 EOG 전극은 왼쪽 눈 주변에 부착하였고, 뇌파가 측정되는 동안 모든 전극의 저항은 5kΩ이하로 유지하였다. 샘플링(sampling rate)은 512Hz로 설정하였다. 측정을 위해 연구참여자와 함께 차폐(shielded)룸으로 이동한 후, 편안한 자세로 앉을 수 있도록 지시하였다. 연구참여자가 충분히 안정되

표 1. 주간 태권도 수련 예시

Session	Min.	Weekly programs				
		Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Warm-up	5	Running	Music jump rope	Running	Music jump rope	Running
Training	20	Step	Step	Target kicking	Step	blocking & Stabbing
		Poomsae	Front kicking	Poomsae	Stabbing	Poomsae
Warm-down	5	Relaxation exercise	Relaxation exercise	Relaxation exercise	Relaxation exercise	Relaxation exercise

었다고 판단되었을 때, 눈을 감고 3분 그리고 눈을 뜨고 3분 동안 기전선(baseline)을 측정하였다.

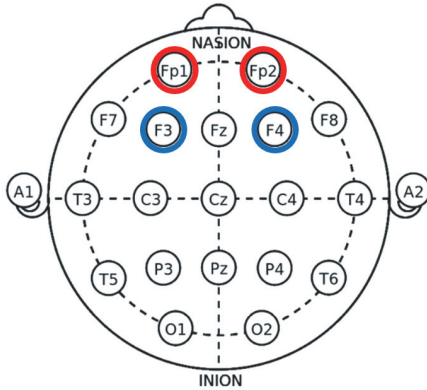


그림 1. EEG 측정영역

4. 자료수집

수집된 데이터는 1~30Hz 대역에서 여과(filtering)된 신호로, Telescan(CD-TS-3.1, Laxtha, Korea) 프로그램을 이용해 EOG artifact($\pm 90\mu V$)를 필터링하였다. 다음으로, Band-pass filter를 통해 0.1~30Hz로 필터링을 실시했다. 필터링 작업을 거친 데이터는 1초 윈도우 chunk로 나눈 후, alpha(8~13Hz) 주파수 대역에서 FFT(Fast-Fourier Transform) 분석을 하였다. 이 과정을 통해 얻은 값이 디지털화된 EEG alpha power 값이다.

대뇌 반구의 비대칭성 분석을 위해 절대파워(Absolute power) 값을 자연로그(log)로 전환하여 각 영역의 log alpha power density의 지표를 산출하였다. EEG 대뇌 반구 비대칭의 값은 우측 대뇌 로그값(value)에서 좌측 대뇌 로그값을 뺀 값이 EEG 대뇌 반구 비대칭 차이 지표(Log R(우반구)-L(좌반구); Henriques & Davidson, 1991)이다. Alpha power

는 대뇌 활성화와 반비례하기 때문에 대뇌 비대칭의 차이 지표 점수가 양수(+)일 경우, 상대적으로 높은 좌반구의 활성화를 의미하고, 음수(-)의 경우는 상대적으로 높은 우반구의 활성화를 의미한다. 그리고 소수점 이하 두 자리 미만이 0의 값일 때에는 비대칭성이 없는 것으로 본다. 예를 들어, 소수점 이하 두 자리 대뇌 비대칭 차이 값인 -0.01은 우반구의 활성화를 의미하지만, 소수점 이하 세 자리 값인 -0.009는 비대칭성의 차이가 없는 것으로 해석된다. EEG 반구 비대칭 차이 지표 점수는 Matlab R2019a 프로그램을 이용하여 산출하였다.

5. 자료처리

본 연구에서는 집단 간 차이를 알아보기 위해 전전두영역(Fp2-Fp1)과 전두영역(F4-F3) 각각의 알파 차이 지표 값에 대한 독립표본 t 검정을 실시하였다. 그리고, 집단별 신경생리학적 정서의 변화를 확인하고자 사전·사후 간 전전두영역(Fp2-Fp1)과 전두영역(F4-F3)의 알파 차이 지표 값에 대한 대응표본 t 검정을 실시하였다. 추가적으로, 집단 간 BAI의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였고, 집단별 사전·사후 간 BAI 차이를 알아보기 위해 대응표본 t 검정을 실시하였다. 모든 통계는 SPSS 26.0 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. BAI

연구참여자의 주관적 불안 수준을 알아보기 위해

Beck 불안 척도(BAI) 응답에 대한 태권도 수련 전과 후의 집단 간 평균 비교를 실시한 결과는 <표 2>와 같다. 우선 태권도 수련 전에 조사한 응답 결과, 태권도 수련 집단(TG)과 통제집단(YK) 간의 주관적 불안 수준에 대한 유의한 평균차는 없는 것으로 나타났다($t=-.112$, $df=38$, $p=.91$). 하지만, 태권도 수련 후에는 TG 집단의 주관적 불안 수준이 YK 집단보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다($t=-4.653$, $df=38$, $p<.001$).

표 2. 집단 간 BAI 평균 비교 분석결과: 독립표본 t검정

시기	집단	M±SD	t	df	p
사전	TG	46.05±7.66	-.112	38	$p=.91$
	YK	46.30±6.44			
사후	TG	37.75±4.07	-4.653	38	$p<.001$
	YK	46.35±7.19			

주관적 불안 수준에 대한 집단별 태권도 수련 전·후의 평균 차이를 비교한 결과<표 3>, TG 집단에서 통계적으로 유의한 평균차가 나타났다. 구체적으로, 태권도 수련 전보다 활동 후에 주관적 불안 수준이 현저히 낮아진 것으로 나타났다($t=8.409$, $df=19$, $p<.001$). 반면에 YK 집단에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다($t=-.249$, $df=19$, $p=.98$).

표 3. BAI 사전·사후 평균 비교 분석결과: 대응표본 t검정

집단	시기	M±SD	t	df	p
TG	사전	46.05±7.66	8.409	19	$p<.001$
	사후	37.75±4.07			
YK	사전	46.30±6.44	-.249	19	$p=.98$
	사후	46.35±7.19			

2. EEG 대뇌반구 비대칭

1) 전전두영역 비대칭 결과

집단 간 전전두영역(Fp2-Fp1)의 비대칭 차이 지표(log R-log L)를 태권도 수련 전과 후로 나누어 분석한 결과는 <표 4>와 같다. 태권도 수련 전에는 집단 간 통계적으로 유의한 전전두영역의 비대칭 차이 지표의 평균차가 없는 것으로 나타났다($t=-.782$, $df=38$, $p=.43$). 하지만, 태권도 수련 후에는 집단 간 유의한 전전두영역의 비대칭 차이가 나타났는데, TG 집단이 YK 집단에 비해 더욱 현저한 양(+)의 비대칭적 활성화를 보였다($t=2.021$, $df=38$, $p<.05$). 구체적인 비대칭적 차이 지표에서는 태권도 수련 후, TG 집단에서 우반구(Fp2)에 비해 좌반구(Fp1)가 더욱 활성화된 것으로 나타났으며, YK 집단은 좌반구에 비해 우반구가 활성화된 것으로 나타났다. 또한, 태권도 수련 직전에는 두 집단 모두 좌반구에 비해 우반구가 더욱 활성화된 것으로 나타났다.

집단별 태권도 수련 전과 후의 전전두영역(Fp2-Fp1) 비대칭 차이 지표(log R-log L)를 비교하여 분석한 결과는 <표 5>와 같다. TG 집단에서는 태권도 수련 전과 후 간의 전전두영역 반구 비대칭 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($t=-2.331$, $df=19$, $p<.05$). 반면, YK 집단에

표 4. 집단 간 전전두영역 평균 비교 분석결과: 독립표본 t검정

시기	집단	M±SD	t	df	p
사전	TG	-0.14±0.28	-.782	38	$p=.43$
	YK	-0.04±0.52			
사후	TG	0.30±0.73	2.021	38	$p<.05$
	YK	-0.04±0.26			

서는 사전과 사후 대뇌 반구 비대칭 차이 지표 간의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다($t=-.249$, $df=19$, $p=.97$). EEG 대뇌 반구 비대칭적 차이 지표를 살펴보면, TG 집단에서는 태권도 수련 후에 우반구(Fp2)에 비해 좌반구(Fp1)의 활성화가 더욱 두드러지는 것으로 나타났고, 태권도 수련 전에는 좌반구에 비해 우반구가 활성화된 것으로 나타났다. 그리고 YK 집단의 경우, 태권도 수련 전과 후 모두 좌반구와 비교해 우반구가 더욱 활성화된 것으로 나타났다.

표 5. 전전두영역 사전·사후 평균 비교 분석결과: 대응표본 t검정

집단	시기	M±SD	t	df	p
TG	사전	-0.14±0.28	-2.331	19	p<.05
	사후	0.30±0.73			
YK	사전	-0.04±0.52	-.249	19	p=.97
	사후	-0.04±0.26			

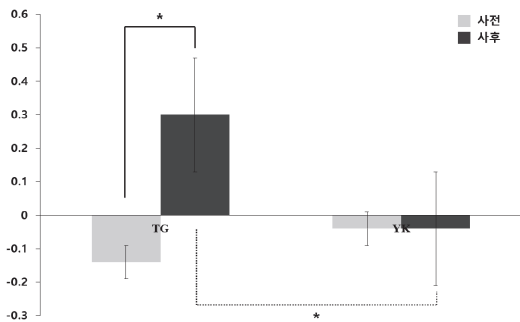


그림 2. 전전두영역 비대칭 차이 지표 분석결과

2) 전두영역 비대칭 결과

집단 간 전두영역(F4-F3)의 비대칭 차이 지표 ($\log R-\log L$)를 태권도 수련 전과 후로 나누어 분석한 결과는 <표 6>과 같다. 태권도 수련 전에는 집단 간 통계적으로 유의한 반구 비대칭 차이 지표의

평균차가 없는 것으로 나타났다($t=.348$, $df=38$, $p=.72$). 하지만, 태권도 수련 후에는 집단 간 유 의한 전두영역의 비대칭 차이가 나타났는데, TG 집단이 YK 집단에 비해 더욱 두드러진 양(+)의 비대칭적 활성화를 보였다($t=3.653$, $df=38$, $p<.01$). 구체적인 비대칭적 차이 지표에서는 태권도 수련 후, TG 집단에서 우반구(F4)에 비해 좌반구(F3)가 더욱 활성화된 것으로 나타났으며, YK 집단은 좌반구에 비해 우반구가 활성화된 것으로 나타났다. 또한, 태권도 수련 직전에는 두 집단 모두 좌반구에 비해 우반구가 더욱 활성화된 것으로 나타났다.

표 6. 집단 간 전두영역 평균 비교 분석결과: 독립표본 t검정

시기	집단	M±SD	t	df	p
사전	TG	-0.01±0.36	.348	38	p=.72
	YK	-0.06±0.53			
사후	TG	0.31±0.55	3.653	38	p<.01
	YK	-0.22±0.37			

집단별 태권도 수련 전과 후의 전두영역(F4-F3) 비대칭 차이 지표 ($\log R-\log L$)를 비교하여 분석한 결과는 <표 7>과 같다. TG 집단에서는 태권도 수련 전과 후 간의 전두영역 반구 비대칭 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($t=-2.145$, $df=19$, $p<.05$). 구체적으로, 사전과 비교하여 사후에 두드러진 양(+)의 비대칭적 활성화가 관찰되었다. 반면, YK 집단에서는 사전과 사후 대뇌 반구 비대칭 차이 지표 간의 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다($t=1.081$, $df=19$, $p=.29$). EEG 대뇌 반구 비대칭적 차이 지표를 살펴보면, TG 집단에서는 태권도 수련 후에 우반구(Fp2)보다 좌반구(Fp1)의

활성화가 더욱 높은 것으로 나타났고, 태권도 수련 전에는 우반구의 활성화가 좌반구와 비교해 높은 것으로 나타났다. 그리고, YK 집단은 태권도 수련 전과 후 모두 우반구가 좌반구에 비해 더욱 활성화된 것으로 나타났다.

표 7. 전두영역 사전·사후 평균 비교 분석결과: 대응표본 t검정

집단	시기	M±SD	t	df	p
TG	사전	-0.01±0.36	-2.145	19	p<.05
	사후	0.31±0.55			
YK	사전	-0.06±0.53	1.081	19	p=.29
	사후	-0.22±0.37			

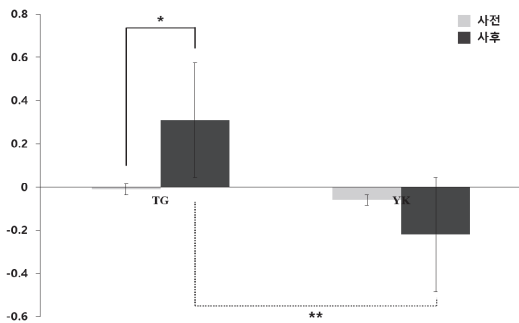


그림 3. 전두영역 비대칭 차이 지표 분석결과

IV. 논의

본 연구는 규칙적인 신체활동 및 운동 참여가 성장기 청소년의 정서 형성과 발달에 어떠한 변화를 가져올 수 있는지 알아보기 위해 시작되었다. 우리나라의 전통 무예이자 국기로서 접근성이 용이하고, 교육적 콘텐츠로 활용 가능성이 높은 태권도 수련 프로그램을 이용하여 청소년기 규칙적인 신체활동 및 운동 참여에 따른 정서의 변화를 EEG 대

뇌 반구의 비대칭적 활성화를 통해 신경생리학적 측면에서 실증적으로 규명하는 것이 본 연구의 주요 목적이었다.

신경과학적 측면에서 신체활동 및 운동과 신경생리학적 변화 간의 여러 학술적 근거를 바탕으로 단순한 일회성 또는 단기적 운동 형태뿐만 아니라 장기적 관점에서 신체활동과 운동은 대뇌 활성화와 밀접한 관련이 있을 것으로 판단하였고, 성장기 청소년의 정서발달과 그 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 예측하였다. 이집게도, 정서와 관련된 여러 선행연구는 사회과학적 측면에서 주관적인 정서 상태만을 주로 다루고 있기에 정서변화와 관련된 근본적인 기전(메커니즘)에 대한 논의의 한계가 있었던 것이 사실이다. 따라서, 신체뿐만 아니라 사회 그리고 심리적인 측면에서도 교육적 가치가 높은(최유리, 홍영준, 김지혁, 2017; Kimberley, 2013) 태권도 수련이 성장기 청소년의 정서변화와 성장에 어떠한 영향을 가지는지 신경생리학적 측면에서 논의해보고자 한다.

태권도 수련 참여 전과 비교해 프로그램 종료 후, 연구참여자의 주관적인 불안 수준이 낮아진 것으로 나타났다. 또한, 집단 간 비교에서도 동일한 결과도 출되었는데, 통제집단(YK)보다 태권도 수련 집단(TG)의 주관적인 불안 수준이 프로그램 종료 후에 현저히 낮아진 것으로 나타났다. 이러한 결과는 청소년기에 규칙적인 태권도 수련 참여만으로도 주관적으로 느끼는 불안 수준을 효과적으로 낮출 수 있음을 의미한다. 운동 중재 프로그램을 통해 청소년의 사회심리적 적응과 불안에 관해 알아본 연구(Kliziene, Klizas, Čižauskas, & Sipavičienė,

2018)에 따르면, 7개월간의 운동 중재 프로그램을 통해 자아존중감, 긍정적 자기평가, 정서적 안정감, 타인에 의한 평가 등은 강화되었고, 불안 수준은 감소한 것으로 나타나 본 연구의 결과를 지지한다.

EEG 반구 비대칭 분석 결과를 살펴보면, 태권도 수련 전·후 간 반구 비대칭 차이 지표 비교에서 통계적으로 유의한 평균차가 나타났다. 구체적으로는 태권도 수련 집단에서만 우반구(Fp2, F4)에 비해 우세한 좌반구(Fp1, F3)의 활성화가 관찰되었는데, 태권도 수련 전에 비해 수련 후에 유의한 좌반구(Fp1, F3)의 활성화가 나타났다. 이와 같은 비대칭적 활성화는 전전두엽(Fp2-Fp1)과 전두엽(F4-F3) 모두에서 관찰되었다. 집단 간 비교에서도 유의한 평균차가 나타났는데, 특히 태권도 수련 이후 태권도 수련 집단이 통제집단보다 대뇌 좌반구의 비대칭적 활성화가 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 규칙적인 태권도 수련 참여에 따른 부정적 정서가 줄어들고, 긍정적 정서가 증가했음을 의미한다. 반면, 통제집단과 같이 일상에서 걷기 활동만으로는 정서와 관련된 지속적이거나 효과적인 신경생리학적 변화를 기대하기는 힘들 수 있음을 시사한다. 아쉽게도, 본 연구에서 실시된 태권도 수련의 신체활동 또는 운동 강도를 명확히 알 수 없다는 한계가 있지만, 일반적으로 태권도 수련이 높은 강도의 운동임을 나타내는 학문적 근거는 충분하다(Haddad, Chaouachi, Wong, Castagna, & Chamari, 2011; Ouergui et al., 2020). 또한, 여자 청소년을 대상으로 한 태권도 수련과 체력과의 관계를 알아본 연구(Kim, Stebbins, Chai, & Song, 2011)와 태권도 수련과 건강 간의 관계를

알아보기 위해 23편의 연구를 중심으로 문헌 연구를 실시한 선행연구 결과(Fong & Ng, 2011)에서 태권도 수련에 따른 유산소 운동능력(심폐지구력)과 유연성 향상 및 체지방량과 체지방률 감소와 정적인 관계가 있는 것으로 나타나 태권도 수련은 중·고강도 수준의 신체활동 또는 운동 강도가 요구되는 활동으로 판단된다. 선행연구(김성운, 하태오, 2014)에서는 고강도 유산소 운동 또는 신체활동에 많이 관여할수록 그렇지 않은 대상에 비해 대뇌 반구 비대칭 차이 지표가 높게 나타난다고 보고하여 본 연구의 결과를 부분적으로 지지한다.

본 연구 결과에서 흥미로운 부분은 사전 측정 결과에서 두 집단 모두 우반구가 좌반구에 비해 활성화되어 있었다는 점이다. 일반적으로, 휴식기에는 대뇌 반구의 비대칭적 활성화가 환경적 요인에 따라 다양한 양상으로 나타날 수 있는데(Davidson, Coe, Dolski, & Donzella, 1999; Kaur, Chinnadurai, Chaujar, 2020; Stewart & Allen, 2018), 사전 측정 결과에서 나타난 우반구의 우세는 연구참여자의 특성에 따른 결과인 것으로 예측된다. 즉, 본 연구에 참여한 연구참여자의 대부분은 고등학교 1학년 학생으로 입학할 하여 새로운 교육 환경(기숙학교)에 적응하는 단계에서 연구에 참여하였기에 긴장 및 불안과 같은 정서적 불균형으로 인해 신경생리학적으로 부정적 정서(우반구의 우세)가 나타났을 가능성이 있다고 판단된다. 이러한 측면에서, 학교 체육으로서 태권도 수련이 학업 및 교육 환경으로부터 발생할 수 있는 부정적 정서를 개선해줄 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있다.

본 연구의 결과는 접근 동기 체계(approach motivational system)로 논의해 볼 수 있는데,

규칙적인 태권도 수련 참여에 따른 긍정적 경험이 접근 동기(approach motivation)를 강화시켜 전전두엽역 및 전두엽역 좌반구의 비대칭적 활성화가 더욱 현저하게 나타난 것으로 판단된다. 하지만, 이러한 긍정적인 신경생리학적 변화가 태권도 수련에 의한 결과인지 아니면 규칙적인 신체활동 또는 운동에 의한 변화인지 판단하는 데는 한계가 있는 것이 사실이다. 규칙적인 운동과 증가된 신경가소성 간에는 정적인 상관관계가 있는 것으로 알려져 있는데(Konopka, 2015), 운동은 뇌 혈관 손상에 대한 위험성을 줄이고 산화 스트레스(oxidative stress)부터 뇌를 보호하며, 뇌의 부피 및 백질과 회백질의 증가와 관련이 있는 것으로 보고된다(Colcombe, 2006; Ding, Ding, Li, Bessert, & Rafols, 2006; Toborek, 2013). 이러한 관점에서 본 연구에서 진행된 태권도 수련과 같은 규칙적인 운동은 우리의 뇌를 보호할 뿐만 아니라 신경세포체와 축삭돌기의 증가에 긍정적인 영향을 미쳐 신경 네트워크의 활성화에 관여함으로써 더욱 긍정적인 신경생리학적 변화를 가져온 것으로 판단되며, 대뇌 반구 비대칭적 활성화처럼 인간의 정서와 관련된 신경학적 네트워크를 더욱 효율적으로 강화

했을 것으로 보여진다.

본 연구를 종합해보면, 규칙적인 태권도 수련은 청소년기 학생들의 정서발달에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 특히, 정서와 관련된 신경생리학적 네트워크를 보다 긍정적인 방향으로 강화시킬 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 종단적인 관점에서 연구가 진행된 것이 아니기에 운동을 중단하거나 불규칙한 운동 참여 형태를 보일 경우, 앞서 강화된 정서 관련 신경생리학적 네트워크가 어떻게 변화할지는 예측할 수 없다는 한계가 있다. 또한, 청소년기 규칙적인 신체활동과 운동 참여로 형성된 긍정적인 정서 관련 신경생리학적 메커니즘이 성인기에 보이는 정서 상태에 어떠한 영향을 미칠지를 설명할 수 없다는 한계 또한 존재한다. 그럼에도 불구하고, 교육적 콘텐츠로써 태권도 수련의 가능성을 확인하고, 성장기 청소년의 정서발달에 있어 단기나 일회성이 아닌 규칙적인 신체활동과 운동의 중요성을 신경생리학적인 측면에서 알아봤다는 데에 학문적 의미를 가진다. 종단적인 관점에서 후속 연구가 진행된다면, 운동과 정서 관련 신경생리학적 발달 간의 관계를 보다 구체적이고 실증적으로 밝힐 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김성운(2006). 운동 지속시간에 따른 정서와 EEG 대뇌반구 비대칭 변화. **한국스포츠심리학회지**, 17(2), 105-125.
- 김알찬, 윤원정, 송진섭(2021). 태권도 수련을 통한 자아존중감, 신체적 자기효능감과 운동지속 관계분석. **한국스포츠학회지**, 19(1), 207-220.
- 신근우, 김성일, 황영성(2019). 청소년의 태권도 수련이 자기조절력, 자기효능감 및 학교생활만족도에 미치는 영향. **한국체육과학회지**, 28(4), 807-818.
- 최유리, 홍영준, 김지혁(2017). 태권도를 통한 인성교육적 가치 유형. **한국체육과학회지**, 26(2), 711-724.
- Beck, A. T., Epstein, N., Brown, G., & Steer, R. A. (1988). An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties. *Journal of consulting and clinical psychology*, 56(6), 893.
- Coan, J. A., & Allen, J. J. (2004). Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological psychology*, 67(1-2), 7-50.
- Coan, J. A., Allen, J. J., & McKnight, P. E. (2006). A capability model of individual differences in frontal EEG asymmetry. *Biological psychology*, 72(2), 198-207.
- Colcombe, S. J., Erickson, K. I., Scalf, P. E., Kim, J. S., Prakash, R., McAuley, E., ... & Kramer, A. F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(11), 1166-1170.
- Das, J. K., Salam, R. A., Lassi, Z. S., Khan, M. N., Mahmood, W., Patel, V., & Bhutta, Z. A. (2016). Interventions for adolescent mental health: an overview of systematic reviews. *Journal of Adolescent Health*, 59(4), 49-60.
- Davidson, R. J. (2004). What does the prefrontal cortex "do" in affect: perspectives on frontal EEG asymmetry research. *Biological psychology*, 67(1-2), 219-234.
- Davidson, R. J., Coe, C. C., Dolski, I., & Donzella, B. (1999). Individual differences in prefrontal activation asymmetry predict natural killer cell activity at rest and in response to challenge. *Brain, Behavior, and*

- Immunity*, 13(2), 93-108.
- Ding, Y. H., Ding, Y., Li, J., Bessert, D. A., & Rafols, J. A. (2006). Exercise pre-conditioning strengthens brain microvascular integrity in a rat stroke model. *Neurological research*, 28(2), 184-189.
- Fong, S. S., & Ng, G. Y. (2011). Does Taekwondo training improve physical fitness?. *Physical Therapy in Sport*, 12(2), 100-106.
- Haddad, M., Chaouachi, A., Wong, D. P., Castagna, C., & Chamari, K. (2011). Heart rate responses and training load during nonspecific and specific aerobic training in adolescent taekwondo athletes. *Journal of Human Kinetics*, 29, 59.
- Haehl, W., Mirifar, A., & Beckmann, J. (2022). Regulate to facilitate: A scoping review of prefrontal asymmetry in sport and exercise. *Psychology of Sport and Exercise*, 102143.
- Hall, E. E., Ekkekakis, P., & Petruzzello, S. J. (2007). Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry. *Biological psychology*, 75(2), 194-200.
- Harmon Jones, E., & Gable, P. A. (2018). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. *Psychophysiology*, 55(1), e12879.
- Henriques, J. B., & Davidson, R. J. (1991). Left frontal hypoactivation in depression. *Journal of abnormal psychology*, 100(4), 535.
- Kaur, A., Chinnadurai, V., & Chaujar, R. (2020). Microstates-based resting frontal alpha asymmetry approach for understanding affect and approach/withdrawal behavior. *Scientific reports*, 10(1), 1-25.
- Kim, H. B., Stebbins, C. L., Chai, J. H., & Song, J. K. (2011). Taekwondo training and fitness in female adolescents. *Journal of sports sciences*, 29(2), 133-138.
- Kim, S. R., & Seo, J. G. (2004). A study on value constitution factors of Taekwondo practices and practices satisfaction among elementary school students. *Korean J Phys Edu*, 43, 581-591.
- Kim, Y. J., Cha, E. J., Kim, S. M., Kang, K. D., & Han, D. H. (2015). The effects of taekwondo training on brain connectivity and body intelligence. *Psychiatry investigation*, 12(3), 335.
- Klizienė, I., Klizas, Š., Čižauskas, G., & Sipavičienė, S. (2018). Effects of a

- 7-month exercise intervention programme on the psychosocial adjustment and decrease of anxiety among adolescents. *European journal of contemporary education*, 127-136.
- Konopka, L. M. (2015). How exercise influences the brain: a neuroscience perspective. *Croatian medical journal*, 56(2), 169.
- Kwon, S., & Kim, J. (2021). Changes in empathy ability according to the level of physical activity in elementary school students: the exploratory study on the activation of mirror neuron system. *Korean Journal of Elementary Physical Education*, 24(4), 157-170.
- Kwon, S., Kim, J., & Kim, Y. (2020). Affective Changes while Running Around the Track Clockwise and Counterclockwise using Motor Imagery: the Exploratory study on the Asymmetrical Activation of Cerebral Hemispheres. *Korean Journal of Physical Education*, 59(3), 115-127.
- Oh, J. W., Lee, E. Y., Lim, J., Lee, S. H., Jin, Y. S., Song, B. K., ... & Kim, Y. S. (2019). Results from South Korea's 2018 Report Card on physical activity for children and youth. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 17(1), 26-33.
- Ouergui, I., Messaoudi, H., Chtourou, H., Wagner, M. O., Bouassida, A., Bouhlel, E., ... & Engel, F. A. (2020). Repeated sprint training vs. repeated high-intensity technique training in adolescent taekwondo athletes—a randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4506.
- Park, Y. H., Park, Y. H., & Gerrard, J. (2009). *Tae kwon do: the ultimate reference guide to the world's most popular martial art*. Infobase Publishing.
- Silveira, R., Prado, R. C. R., Brietzke, C., Coelho-Júnior, H. J., Santos, T. M., Pires, F. O., & Asano, R. Y. (2019). Prefrontal cortex asymmetry and psychological responses to exercise: a systematic review. *Physiology & behavior*, 208, 112580.
- Stewart, J. L., & Allen, J. J. (2018). Resting frontal brain asymmetry is linked to future depressive symptoms in women. *Biological psychology*, 136, 161-167.
- Toborek, M., Seelbach, M. J., Rashid, C. S., Andrés, I. E., Chen, L., Park, M., & Esser, K. A. (2013). Voluntary exercise protects against

- methamphetamine-induced oxidative stress in brain microvasculature and disruption of the blood-brain barrier. *Molecular neurodegeneration*, 8(1), 1-11.
- van Baak, M. A., Pramono, A., Battista, F., Beaulieu, K., Blundell, J. E., Busetto, L., ... & Oppert, J. M. (2021). Effect of different types of regular exercise on physical fitness in adults with overweight or obesity: Systematic review and meta analyses. *Obesity Reviews*, 22, e13239.
- Wyczesany, M., Capotosto, P., Zappasodi, F., & Prete, G. (2018). Hemispheric asymmetries and emotions: evidence from effective connectivity. *Neuropsychologia*, 121, 98-105.

Affective Change According to Taekwondo Training in Adolescence: An Exploratory Study on the Asymmetric Activation of Cerebral Hemispheres

Sechang Kwon(Korea Science Academy of KAIST, Teacher) ·
Jaehyun Ha(Keimyung University, Professor)

ABSTRACT

The purpose of this study was to empirically investigate the changes in emotion caused by regular participation in taekwondo training in adolescence through cerebral hemispheric asymmetric activation. A total of 40 adolescents participated in this study, and the study was conducted by dividing it into a taekwondo training group and a control group. Taekwondo training were conducted for a total of 3 months, and EEG was measured before and after the Taekwondo training. The main areas for EEG were Fp1 and Fp2 of the prefrontal area and F3 and F4 of the frontal area, and data analysis was performed by calculating the hemisphere asymmetry difference index (Log R-L). Data analysis was performed using Windows SPSS Ver. Using the 26.0 program, an independent sample t-test was performed between groups for hemispheric asymmetry difference indices, and a paired sample t-test was performed. In the result, a statistically significant difference between the groups in the prefrontal and frontal areas was found. In addition, there was a statistically significant difference between the pre- and post-measurements in the taekwondo training group. In conclusion, negative emotions decreased and positive emotions increased through regular taekwondo training.

Key words : Taekwondo training, Hemispheric asymmetry, EEG, Physical activity

논문 접수일 : 2022. 5. 16

논문 승인일 : 2022. 6. 13

논문 게재일 : 2022. 6. 30