

A Study of response characteristics to color design of Waldorf school classrooms using EEG analysis

Dongjun Shin¹, Jooyun Kim^{2*}

¹Department of Spatial Design, Hongik University, Seoul, Korea

²Department of Industrial Design, Hongik University, Seoul, Korea

Abstract

Background Today, visual and perceptual aspects of color of the living space environment are automatically transmitted, perceived, and responded to with the eyes, the nervous system, and the brain of the human body. Therefore, the functions and roles of color in the spatial environment are important.

Rudolf Steiner applied color, using a physiological perspective, to the process of human growth. The Waldorf school classrooms that Steiner proposed and instituted have perceived color as an important aspect in human growth and presented them in holistic educational principles of color.

However, there is a lack of clear analysis and principles of colors of the Waldorf school classrooms; thus, the purpose of this study was to analyze the colors of the Waldorf school classrooms with color responses using EEG analysis, analyzing the human brainwaves, and studying the physiological responses to the unconscious cognitive activities of the human body.

Methods This study analyzed and summarized the response characteristics to color according to the academic year of the students, with regards to the responses of the human body to the colors of the Waldorf school classrooms. The experiment was carried out with 32 subjects, and the data were analyzed and summarized with regards to indicators of relaxation and stimulation on 13 types of color samples applied for Waldorf School students in different years.

Results EEG devices were utilized to incorporate objectivity in the experimental results, and the results of the experiments were analyzed with significance probability using a statistical verification program, SPSS 22.0. Particularly, the factors influencing the objective selection of subjects and the experimental environment were minimized to decrease errors in the experimental environment and conditions. In terms of color responses, VR was applied to the experimental design for direct color stimulation, objectifying the physiological brainwave responses to the colors of the Waldorf school classrooms.

Conclusions In terms of the experimental results, this study has summarized results based on a significance probability of $p < 0.05$ on the RAB and SEF50 indicators that determine the distribution of relaxation and stimulation; the overall colors of the Waldorf school classrooms showed relaxation, with relatively active levels of brain stimulation. A detailed overview of the results indicated that the relaxation tendencies were high except for students of grades 4 and 12; in terms of brain activity, students of grades 3, 8, 10, and 11 were stimulated to a lesser degree, whereas the remaining grades were very active. Thus, this study concluded that the colors of the Waldorf school classrooms create a relaxing effect with high ratios of very stable alpha waves from the perspective of education, and the colors were indicative of stimulated learning activity.

Keywords Brainwaves, Waldorf schools, Classroom Color Design, Response Characteristics

*Corresponding author: Jooyun Kim(s-d-j@hanmail.net)

Citation: Shin, D., & Kim, J. (2018). A Study of response characteristics to color design of Waldorf school classrooms using EEG analysis. *Archives of Design Research*, 31(1), 161-175.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2018.02.31.1.161>

Received : Sep. 22. 2017 ; **Reviewed :** Nov. 23. 2017 ; **Accepted :** Nov. 23. 2017

pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 연구의 목적 및 범위 및 방법

1. 1. 연구의 목적

오늘날 생활의 변화로 인해 공간환경의 중요성에 큰 관심이 형성되고 특히 시지각 측면의 색채에 대한 중요성이 높아지고 있다. 색채는 생리적 측면에서 자동 반응과 물리적 환경에 대한 대응과 순응을 통하여 인지되며 눈과 신경, 그리고 뇌와 연결되어 지각하고 반응하는 기능을 한다.

이와 같은 측면에서 인간이 성장하는 과정을 생리적 관점에서 교육적 색채를 이론화하여 적용한 사람이 바로 루돌프 슈타이너(Rudolf Steiner)이며 루돌프 슈타이너는 인간 중심의 철학적 이론에서 인간을 통합적 존재로 인식하고 인간의 잠재된 내면 능력을 개발하는데 주력하였으며 특히 성장하는 과정에서 영 유아 및 어린이와 청소년 세대를 위한 색채 환경을 발도르프학교 교실에 적용하였다.

발도르프학교 교실의 색채는 인간의 성장에서 색채를 중요한 요소로 인식하며 따라서 인간의 육체감각과 영혼감각, 정신감각에 영향을 미친다는 이론을 기반으로 실질적인 교육 공간인 발도르프학교 교실에 적용한 것으로, 인간의 성장과정에 교육적 전인색채 환경을 제시하였으며 색채에 대한 인식을 인간의 본질과 조감각적 구성 요소에 의한 색채를 실질적으로 교육공간에 적용한 색채원리이다.

그러나 아직까지 발도르프학교 교실 색채에 대한 원리가는 전통적이고 철학적인 내용으로만 설명되고 있어 색채학적인 원리가 정립되지 않았다. 이에 본 연구에서는 발도르프학교 답사를 통하여 도출된 자료를 EEG 실험에 있어 색채 자극으로 이용하여 뇌파의 반응을 실험하려 한다.

본 연구에서는 공간 환경에서 색채 요소가 인체의 뇌파에 전달되고 반응하며 행동하는 과정을 발도르프학교 교실 색채에 대한 뇌의 반응인 EEG 실험 연구를 통하여 종합하고자 한다. 본 연구는 색채와 관련된 감성적이고 심리적인 설문 연구 방법보다 객관적인 결과를 종합할 수 있는 장점을 갖은 연구라 할 수 있다.

이와 같이 발도르프학교 교실 색채를 EEG 실험을 통한 뇌의 반응의 분석과 종합으로 설명하는 것은 인체의 무의식적인 인지 활동에 따른 생리적 반응을 연구하는데 중요한 방법이라 할 수 있다.

1. 2. 연구의 범위 및 방법

기존의 연구에서는 뇌 과학 측면에서 연구가 부족하여 뇌 반응에 대한 세분화된 결과를 얻지 못하였다. 그러므로 본 연구에서는 발도르프학교 교실 색채에 대한 EEG 실험을 통하여 학년별로 13개 단계로 구분하여 EEG 실험 연구를 진행하였다.

실험의 특징에 있어서는 EEG 실험 시 색채 자극에 있어서는 VR을 이용하여 직접적인 색채 반응에 대한 실질적 뇌파 반응을 도출하였으며 또한 여러 실험 요소를 통하여 오차를 최소화 하였다. 실험은 피험자에 선전과 실험 전 준비상황 및 방법, 그리고 측정 순서와 뇌파 특정 전극 및 위치 대하여 뇌파 검사학을 근거로 진행하였다.

또한 의학적인 뇌파별 주파수 범위와 여러 가지 분석 지표를 기준으로 각성과 이완을 분석할 수 있는 RAB와 SEF50 지표 분석을 통하여 뇌파 변화에 대한 반응을 분석하고 측정된 뇌파에 대한 통계에 있어서는 Excell과 SPSS 22.0을 이용하여 유의 확률에 의하여 결과를 도출하였다. 이를 통해 발도르프학교 교실 색채가 교육적 측면에 미치는 영향을 이완과 각성에 대한 분석을 통하여 종합할 수 있다.

2. 발도르프학교 교실색채 및 EEG 실험 고찰

2. 1. 발도르프학교 교실색채 고찰

발도르프 학교(Waldorf education, Schule)는 루돌프 슈타이너가 그의 교육적 사상을 적용하기 위하여 1919년 설립하였으며 교육 목적은 전인교육 실현을 위하여 연령별 신체와 정신적 성장에 초점을 맞추어 의지 및 감각과 사고의 교육적 발달을 추구하는 것이다.

발도르프학교의 교실 공간은 슈타이너가 직접 관여하여 건축된 발도르프학교 7곳을 답사하여 각 학년별로 벽면 색채 자료를 획득하였다.

Table 1 답사 발도르프학교 및 교실색채 이미지

학교 및 [주소]	국가 및 지역
1.Rudolf Steiner Schule Birseck [Apfelseestrasse 1, 4147 Aesch]	스위스 애쉬
2.Rudolf Steiner Schule Basel [Jakobsbergerholzweg 54, 4059 Basel]	스위스 바젤
3.Blote Vogel Schule [Stockumerstrasse 100, 58454 Witten]	독일 비텐
4.Windrather Talschule [Pannerstr 24, 42555 Velbert-Langenberg]	독일 펠베르트 랑엔베르크
5.Rudolf Steiner Schule Bochum [Hauptstrasse 238, D-44892 Bochum]	독일 보훔
6.Hiberniaschule Herne [Holsterhauserstrasse 70, 44652 Herne]	독일 헤르네
7.Freie Waldorfschule Uhlanshöhe [Haussmannstrasse 44, 70188 Stuttgart]	독일 슈트트가르트

학년별 교실 이미지					
1학년		2학년		3학년	
4학년		5학년		6학년	
7학년		8학년		9학년	
10학년		11학년		12학년	
13학년		-13개 학년 교실색채			

2. 2. EEG 실험 고찰

사전에서 뇌파는 신경계에서 뇌신경사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름으로 뇌파(腦波, Brainwave) 또는 뇌전도(腦電圖, Electroencephalography, Electroencephalogram, EEG)이다. 라고 정의되고 있으며 뇌세포의 활동 전위의 집합을 두피상의 전극으로 측정하는 것을 의미하고 뇌의 활동 상태에 따라서 뇌파의 파형이나 크기가 변화된다고 한다.(Shin & Kim, 2017)

이와 같은 측면에서 공간 및 디자인 분야에서 사용자 측면의 생리적 평가를 기준으로 한 EEG에 대한 학문적인 연구가 매우 활성화 되고 있다. 이용자에게 공간과 관련된 요소를 자극하고 상황에 따라 전, 후 뇌파를 측정, 비교하여 어떠한 반응을 나타내가를 종합하는 것은 인간의 감정 및 인지 반응을 파악할 때에 기존에 설문지에 의한 연구 방법보다 매우 객관적이고 과학적인 방법이라 할 수 있다.

근래에는 인지과학(Cognitive Science)이나 뇌과학(Brain Science)분야의 학문 자료를 기반으로 활발히 연구되고 있으며 뇌의 기능과 뇌의 활동성에 대한 뇌의 활동수준을 나타내는 객관적 지표로는 현재 뇌파 이상의 연구가 있다고 보기 힘들다.(Lee, Kim, & Choi, 2001)

인간은 시각(Visual), 청각(Auditory), 후각(Olfactory), 미각(Gustatory), 촉각(Tactile) 등의 5감을 통한 결과를 뇌에서 반응하는데 특히 대뇌피질의 1/3이 시각자극을 처리하는데 소요되며 감각세포를 통하여 지각하는 정보 가운데 70%를 시각에 의존한다 (Marco, & Jeon, 2008).

또한 자극, 지각, 인지, 태도, 반응 과정을 통하여 뇌에서 종합적인 결과를 나타내며 이와 같은 측면에서 EEG에 대한 학문적인 연구는 매우 의미 있다.

3. EEG 실험 및 분석



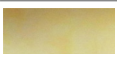
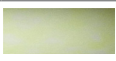
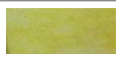





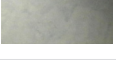

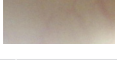

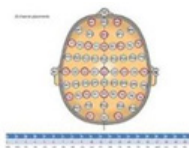
3.1. 실험 내용

발도르프학교 교실색채에 대한 EEG 반응 실험에 있어서는 실험 기기에 의한 측정과 색채 자극, 그리고 지표에 의한 분석 순으로 EEG 측정을 실시하였고 ‘(주)LAXTHA’에서 뇌파 및 EEG 기기, 실험 관련 지식에 대하여 2주간의 학습과정 후 실험을 진행하였다.

실험 관련된 내용은 한국문화공간건축학회 논문집 통권59호의 ‘공간 환경을 위한 EEG 실험에 의한 무채색 반응에 관한 연구’와 한국공간디자인학회 논문집 통권 47호에 소개가 되어 있다.

본 연구의 발도르프학교 교실색채의 색채 자극 13개를 실험에 이용하였으며 실험이미지 및 측정전극 채널은 Table2와 같다.

Table 2 색채자극 종류

구분	색채 자극				
색채 자극 종류	1학년	2학년	3학년	4학년	5학년
					
	6학년	7학년	8학년	9학년	10학년
					
	11학년	12학년	13학년		
					
측정 이미지	측정 전극 채널				
					

또한 실험 시 측정 전극 부위와 EEG의 주파수(Frequency)는 특성, 뇌파 지표는 Table3과 같다.

Table 3 뇌파별 주파수 범위 및 주파수 대역별 측정 지표

뇌파종류	주파수 대역	뇌 활동 내용
Delta(δ)	0.5~4Hz	깊은 수면 상태
Theta(θ)	4~8Hz	일반적 수면 상태, 졸음, 명상
Alpha(α)	8~13Hz	정서적 안정, 휴식, 편안한 상태

Beta(β)	13~30Hz	정신활동, 각성, 긴장, 스트레스
Gamma(γ)	30Hz 이상	고도 정보처리 과정
뇌파 지표 종류		주파수 범위
RA	Relative Alpha Power	8-13Hz
RSA	Relative Slow Alpha Power	8-11Hz
RFA	Relative Fast Alpha Power	11-13Hz
RB	Relative Beta Power	13-30Hz
RLB	Relative Low Beta Power	12-15Hz
RMB	Relative Mid Beta Power	15-20Hz
RHB	Relative High Beta Power	20-30Hz
RAB	Ratio of alpha to beta	8-13Hz/13-30Hz
SEF50	Spectral edge frequency 50%	4-50Hz, 50%

획득된 뇌파 분석 절차 및 통계 분석에 있어서는 프로그램에서 노이즈를 없애는 필터링(Frequency filtering) 및 분석과정 거쳐 24bit AD(Analog Digital converter)로 뇌파 신호를 디지털 신호로 변환하였으며 디지털 신호 처리에 있어 복잡한 파동을 진동수나 진폭이 다른 단순한 파동들의 합으로 파형을 해석하고 함수의 근사값을 계산하는 알고리즘인 푸리에 변환(Fourier transform)에 의하여 뇌파 값을 파워값(μW)으로 변환하고 Txt 파일로 결과 값을 제시하며 통계시 Excell 파일로 변환하였다 (Shin & Kim, 2017).

또한 변환된 Excell 파일은 통계 자료 분석 프로그램인 SPSS 22.0을 사용하여 측정 항목의 대응표본 t-검정을 실시하였고, 이를 바탕으로 유의 확률을 산출하여 실험 통계 연구를 진행하였다.

4. 1. EEG 실험 측정 산출

본 연구의 실험은 13학년에 대한 교실에 적용된 색채에 대한 이미지를 자극하여 뇌파에서 일으키는 반응을 분석하는데 목적이 있으며, 피험자 측정 자료를 색채 자극이 없는 평상시 뇌파의 측정값과 각 색채 자극 시 뇌파의 측정값을 도출하였다. 또한 각 색채별 측정값을 9개 지표(RA, RSA, RFA, RB, RLB, RMB, RHB, RAB, SEF50)별로 20개 채널(Fp1_Ch1, Fp2_Ch2, F3_Ch3, F2_Ch4, C3_Ch5, C4_Ch6, P3_Ch7, P4_Ch8, O1_Ch9, O2_Ch10, F7_Ch11, F8_Ch12, T3_Ch13, T4_Ch14, T5_Ch15, T6_Ch16, AFZ_Ch17, CZ_Ch18, FZ_Ch19, PZ_Ch20)로 구분, 측정하였으며 각각의 평균값을 산출하여 통계에 의한 분석에서 대응 표본 t-검증을 실시하여 종합하였다.

또한 통계적 분석에 있어서는 대응 표본으로 색채 자극이 없는 평상시 뇌파 평균값과 색채 자극 산출 뇌파 평균값을 기준으로 적용하였다. 색채자극 산출 자료는 학년별 13가지 색채를 32명에게 자극하여 416회 측정을 통하여 산출값을 종합하였다.

4. 2. 색채자극(학년)별 분석

실험에 의해 도출된 순색 측정값을 통계 프로그램 SPSS 22.0으로 각 순색별 지표 및 채널별로 평균을 산출하였고 평상시 뇌파와의 평균값을 기준으로 대응표본 검정을 통하여 유의 확률을 산출하였다.

또한 EEG 실험 지표에 있어 각성과 이완에 가장 관계가 있는 지표인 RAB(각성 및 이완을 판단하는 중요한 지표로 각성인 베타파를 분모로 이완인 알파파 분모에 대한 비율)와 SEF50(뇌 활성화에 있어 활성도 지표로 주파수 대역에 있어 중간 평균지점을 의미)의 평균값에 대하여 실험에 의미가 있고 객관성 있는 산출값을 선별하는 통계 과정으로 유의확률 $p < 0.05$ 를 기준으로 유의 확률을 분석하였으며 각 순색별 유의한 유의값을 기준으로 색채별로 분석하면 다음과 같다.

1) 1학년 교실 색채

통계 분석을 통하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 4채널, SEF50에서 9채널이 도출되었다.

1학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp2, F4, F8, T3에서 나타났으며 각성 채널은 나타나지 않은 것으로 분석되었다. 또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, P4, O2, T4, T5, T6, Afz, Fz에서 활성도가 높아지는 것으로 분석되었다.

이와 같은 결과는 1학년 교실 색채가 알파파 비율이 많고 베타파 비율이 적어 생리적으로 이완에 영향을 주며 뇌 활성도가 활발해지는 색채임을 인지할 수 있었다.

2) 2학년 교실 색채

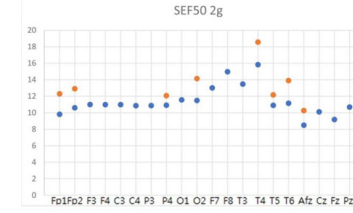
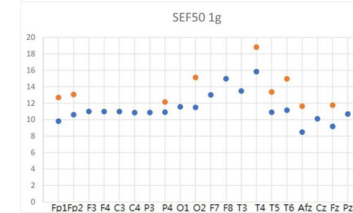
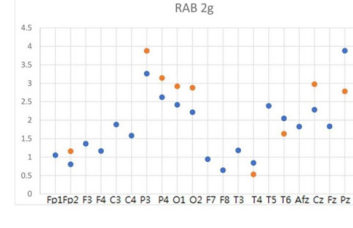
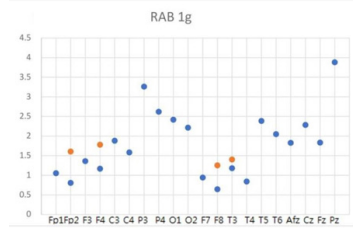
SPSS 22.0에 의하여 $p<0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 9채널, SFE50에서 8채널이 유의한 것으로 도출되었으며 2학년 교실 색채 자극에서는 RAB에서는 이완 채널로 Fp2, P3, P4, O1, O2, T4, T6, Cz Pz이 나타났으며 각성 채널은 T4가 도출되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, P4, O2, T4, T5, T6, Afz에서 뇌 활성도가 높은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 2학년 교실 색채는 이완적 성격의 색채이며 뇌의 활성에 영향을 준다는 사실을 알 수 있다.

Table 4 1학년 및 2학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	1학년										2학년											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		A	B	C	D	E	F	G	H	I			
RAB SEF50 대응 표본 검정	1	Fp1-Fp2										1	Fp1-Fp2									
	2	Fp3-Fp4										2	Fp3-Fp4									
	3	Fp5-Fp6										3	Fp5-Fp6									
	4	Fp7-Fp8										4	Fp7-Fp8									
	5	Fp9-Fp10										5	Fp9-Fp10									
	6	Fp11-Fp12										6	Fp11-Fp12									
	7	Fp13-Fp14										7	Fp13-Fp14									
	8	Fp15-Fp16										8	Fp15-Fp16									
	9	Fp17-Fp18										9	Fp17-Fp18									
	10	Fp19-Fp20										10	Fp19-Fp20									
	11	Fp21-Fp22										11	Fp21-Fp22									
	12	Fp23-Fp24										12	Fp23-Fp24									
	13	Fp25-Fp26										13	Fp25-Fp26									
	14	Fp27-Fp28										14	Fp27-Fp28									
	15	Fp29-Fp30										15	Fp29-Fp30									
	16	Fp31-Fp32										16	Fp31-Fp32									

RAB / SEF50 분석 그래프



3) 3학년 교실 색채

유의 확률인 $p<0.05$ 의 결과를 통하여 분석하면 RAB에서 15채널과 SFE50에서 6채널이 분석 되었다.

3학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, O1, F7, F8, T3, T4, T6, Afz, Cz, Fz로 나타났으며 각성 채널은 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 T4, Pz에서만 활성이 감소하였으며 Fp1, Fp2, Afz, Fz에서는 뇌의 활성도가 있는 것으로 도출되었다. 이와 같은 결과는 3학년 교실 색채는 전반적으로 뇌가 활성화 되는 이완이라는 결과를 도출할 수 있었다.

4) 4학년 교실 색채

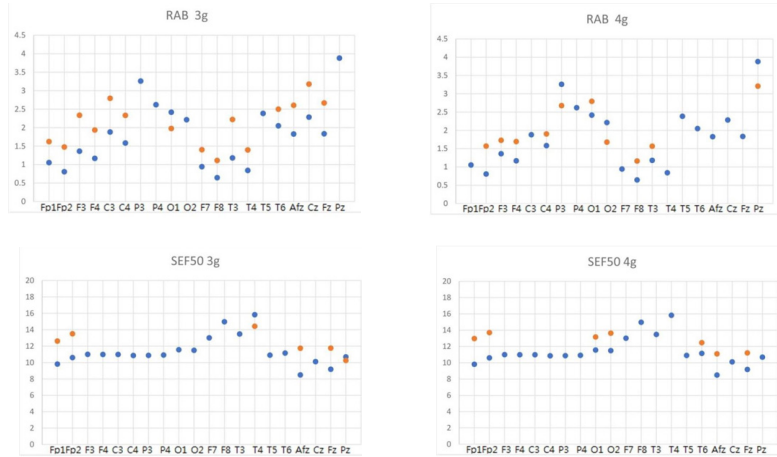
통계를 통하여 $p<0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 10채널, SFE50에서 7채널이 도출되었다.

4학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 P3, O2, Pz에서 각성 채널이 도출되었다. 또한 이완 채널은 Fp2, F3, F4, C4, O1, F8, T3으로 분석되었는데 이러한 이완 및 각성 채널과 함께 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, O1, O2, T6, Afz, Fz에서는 활성도가 높아지는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 4학년 교실 색채 자극에서는 알파파 비율이 매우 많은 것으로 분석되었으며 뇌 활성도가 존재하여 생리적으로 이완에 영향을 주는 색채라는 사실을 인지할 수 있었다.

Table 5 3학년 및 4학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	3학년	4학년																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
RAB SEF50 대응 표본 검정	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">대응 표본</th> <th colspan="2">3학년</th> <th colspan="2">4학년</th> <th colspan="2">검정</th> <th colspan="2">통계</th> </tr> <tr> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>3학년</th> <th>4학년</th> <th>t</th> <th>p</th> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>3학년</th> <th>4학년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Fp1-RAB</td><td>58233869</td><td>17542403</td><td>28748268</td><td>64252467</td><td>4.133</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>2</td><td>Fp2-RAB</td><td>69388438</td><td>55195231</td><td>89753242</td><td>47381432</td><td>98879243</td><td>6.863</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>3</td><td>F3-RAB</td><td>97201988</td><td>99914388</td><td>17602573</td><td>61232573</td><td>1,32034485</td><td>5.927</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>4</td><td>F4-RAB</td><td>70077908</td><td>88839083</td><td>12970392</td><td>32201943</td><td>1,01254444</td><td>6.363</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>5</td><td>C3-RAB</td><td>39348382</td><td>111320321</td><td>19678817</td><td>51210000</td><td>1,31401545</td><td>4.642</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>6</td><td>C4-RAB</td><td>79202479</td><td>69392094</td><td>12378048</td><td>50001900</td><td>1,00039432</td><td>6.116</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>7</td><td>P3-RAB</td><td>44623213</td><td>11916788</td><td>21841458</td><td>36881207</td><td>1,03039891</td><td>4.208</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>8</td><td>P4-RAB</td><td>46011125</td><td>49115444</td><td>28826325</td><td>28393709</td><td>63270513</td><td>5.303</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>9</td><td>T3-RAB</td><td>48627500</td><td>61003911</td><td>18704476</td><td>24889531</td><td>68958363</td><td>4.922</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>10</td><td>T4-RAB</td><td>61077888</td><td>12632488</td><td>21288257</td><td>80788467</td><td>1,47196747</td><td>4.876</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>11</td><td>Afz-RAB</td><td>61012632</td><td>47826985</td><td>88472326</td><td>38127787</td><td>1,25681716</td><td>6.588</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>12</td><td>Cz-RAB</td><td>44917031</td><td>10240084</td><td>18110038</td><td>37901418</td><td>61958645</td><td>2.488</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>13</td><td>Fz-RAB</td><td>17882384</td><td>34482713</td><td>16888238</td><td>43861948</td><td>1,11919317</td><td>4.667</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> </tbody> </table>	대응 표본		3학년		4학년		검정		통계		구분	대응 표본	3학년	4학년	t	p	구분	대응 표본	3학년	4학년	1	Fp1-RAB	58233869	17542403	28748268	64252467	4.133	31	0.000	2	Fp2-RAB	69388438	55195231	89753242	47381432	98879243	6.863	31	0.000	3	F3-RAB	97201988	99914388	17602573	61232573	1,32034485	5.927	31	0.000	4	F4-RAB	70077908	88839083	12970392	32201943	1,01254444	6.363	31	0.000	5	C3-RAB	39348382	111320321	19678817	51210000	1,31401545	4.642	31	0.000	6	C4-RAB	79202479	69392094	12378048	50001900	1,00039432	6.116	31	0.000	7	P3-RAB	44623213	11916788	21841458	36881207	1,03039891	4.208	31	0.000	8	P4-RAB	46011125	49115444	28826325	28393709	63270513	5.303	31	0.000	9	T3-RAB	48627500	61003911	18704476	24889531	68958363	4.922	31	0.000	10	T4-RAB	61077888	12632488	21288257	80788467	1,47196747	4.876	31	0.000	11	Afz-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000	12	Cz-RAB	44917031	10240084	18110038	37901418	61958645	2.488	31	0.019	13	Fz-RAB	17882384	34482713	16888238	43861948	1,11919317	4.667	31	0.000	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">대응 표본</th> <th colspan="2">3학년</th> <th colspan="2">4학년</th> <th colspan="2">검정</th> <th colspan="2">통계</th> </tr> <tr> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>3학년</th> <th>4학년</th> <th>t</th> <th>p</th> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>3학년</th> <th>4학년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>Fp1-RAB</td><td>76925268</td><td>12887787</td><td>22588237</td><td>19198788</td><td>1,16425267</td><td>3.466</td><td>31</td><td>0.001</td></tr> <tr><td>5</td><td>Fp2-RAB</td><td>36704213</td><td>62923212</td><td>10962919</td><td>28177824</td><td>80284263</td><td>2.381</td><td>31</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>6</td><td>F3-RAB</td><td>62891764</td><td>4,4147822</td><td>28682518</td><td>67966111</td><td>1,03888212</td><td>2.111</td><td>31</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>7</td><td>F4-RAB</td><td>31996938</td><td>8842192</td><td>15178217</td><td>81020173</td><td>62588052</td><td>2.108</td><td>31</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>8</td><td>P3-RAB</td><td>58288788</td><td>3884288</td><td>13202837</td><td>38228837</td><td>98888881</td><td>1,7422372</td><td>-2.910</td><td>31</td><td>0.005</td></tr> <tr><td>9</td><td>P4-RAB</td><td>3882888</td><td>3884288</td><td>13202837</td><td>38228837</td><td>98888881</td><td>1,7422372</td><td>-2.910</td><td>31</td><td>0.005</td></tr> <tr><td>10</td><td>T3-RAB</td><td>61012632</td><td>47826985</td><td>88472326</td><td>38127787</td><td>1,25681716</td><td>6.588</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>11</td><td>T4-RAB</td><td>51572258</td><td>1,2878278</td><td>22482819</td><td>88888881</td><td>92781482</td><td>2.382</td><td>31</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>12</td><td>Afz-RAB</td><td>38728788</td><td>54762788</td><td>38888778</td><td>38888778</td><td>58884218</td><td>4.000</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>13</td><td>Cz-RAB</td><td>61012632</td><td>47826985</td><td>88472326</td><td>38127787</td><td>1,25681716</td><td>6.588</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>14</td><td>Fz-RAB</td><td>31996938</td><td>8842192</td><td>15178217</td><td>81020173</td><td>62588052</td><td>2.108</td><td>31</td><td>0.041</td></tr> <tr><td>15</td><td>Fp1-SEF50</td><td>1,188348758</td><td>4,80411462</td><td>72819038</td><td>1,62561885</td><td>6,87781135</td><td>4.286</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>16</td><td>Fp2-SEF50</td><td>1,618795718</td><td>3,87647838</td><td>88278888</td><td>21312831</td><td>1,08878528</td><td>2.381</td><td>31</td><td>0.023</td></tr> </tbody> </table>	대응 표본		3학년		4학년		검정		통계		구분	대응 표본	3학년	4학년	t	p	구분	대응 표본	3학년	4학년	4	Fp1-RAB	76925268	12887787	22588237	19198788	1,16425267	3.466	31	0.001	5	Fp2-RAB	36704213	62923212	10962919	28177824	80284263	2.381	31	0.023	6	F3-RAB	62891764	4,4147822	28682518	67966111	1,03888212	2.111	31	0.041	7	F4-RAB	31996938	8842192	15178217	81020173	62588052	2.108	31	0.041	8	P3-RAB	58288788	3884288	13202837	38228837	98888881	1,7422372	-2.910	31	0.005	9	P4-RAB	3882888	3884288	13202837	38228837	98888881	1,7422372	-2.910	31	0.005	10	T3-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000	11	T4-RAB	51572258	1,2878278	22482819	88888881	92781482	2.382	31	0.023	12	Afz-RAB	38728788	54762788	38888778	38888778	58884218	4.000	31	0.000	13	Cz-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000	14	Fz-RAB	31996938	8842192	15178217	81020173	62588052	2.108	31	0.041	15	Fp1-SEF50	1,188348758	4,80411462	72819038	1,62561885	6,87781135	4.286	31	0.000	16	Fp2-SEF50	1,618795718	3,87647838	88278888	21312831	1,08878528	2.381	31	0.023
대응 표본		3학년		4학년		검정		통계																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
구분	대응 표본	3학년	4학년	t	p	구분	대응 표본	3학년	4학년																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	Fp1-RAB	58233869	17542403	28748268	64252467	4.133	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	Fp2-RAB	69388438	55195231	89753242	47381432	98879243	6.863	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	F3-RAB	97201988	99914388	17602573	61232573	1,32034485	5.927	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4	F4-RAB	70077908	88839083	12970392	32201943	1,01254444	6.363	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5	C3-RAB	39348382	111320321	19678817	51210000	1,31401545	4.642	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6	C4-RAB	79202479	69392094	12378048	50001900	1,00039432	6.116	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7	P3-RAB	44623213	11916788	21841458	36881207	1,03039891	4.208	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8	P4-RAB	46011125	49115444	28826325	28393709	63270513	5.303	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9	T3-RAB	48627500	61003911	18704476	24889531	68958363	4.922	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
10	T4-RAB	61077888	12632488	21288257	80788467	1,47196747	4.876	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
11	Afz-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12	Cz-RAB	44917031	10240084	18110038	37901418	61958645	2.488	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
13	Fz-RAB	17882384	34482713	16888238	43861948	1,11919317	4.667	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
대응 표본		3학년		4학년		검정		통계																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
구분	대응 표본	3학년	4학년	t	p	구분	대응 표본	3학년	4학년																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4	Fp1-RAB	76925268	12887787	22588237	19198788	1,16425267	3.466	31	0.001																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5	Fp2-RAB	36704213	62923212	10962919	28177824	80284263	2.381	31	0.023																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6	F3-RAB	62891764	4,4147822	28682518	67966111	1,03888212	2.111	31	0.041																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7	F4-RAB	31996938	8842192	15178217	81020173	62588052	2.108	31	0.041																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8	P3-RAB	58288788	3884288	13202837	38228837	98888881	1,7422372	-2.910	31	0.005																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
9	P4-RAB	3882888	3884288	13202837	38228837	98888881	1,7422372	-2.910	31	0.005																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
10	T3-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
11	T4-RAB	51572258	1,2878278	22482819	88888881	92781482	2.382	31	0.023																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12	Afz-RAB	38728788	54762788	38888778	38888778	58884218	4.000	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
13	Cz-RAB	61012632	47826985	88472326	38127787	1,25681716	6.588	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
14	Fz-RAB	31996938	8842192	15178217	81020173	62588052	2.108	31	0.041																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
15	Fp1-SEF50	1,188348758	4,80411462	72819038	1,62561885	6,87781135	4.286	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
16	Fp2-SEF50	1,618795718	3,87647838	88278888	21312831	1,08878528	2.381	31	0.023																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

RAB / SEF50 분석 그래프



5) 5학년 교실 색채

SPSS 22.0에 의하여 $p<0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 14채널, SEF50에서 7채널이 유의한 것으로 도출되었으며 분석 내용을 정리하면 다음과 같다.

5학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에서는 각성 채널은 없는 것으로 분석되었다. 또한 이완 채널은 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, T3, Afz, Cz, Fz, Pz가 도출되었다.

이와 같은 이완 각성 채널과 함께 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, O2, T4, T6, Afz, Fz에서 뇌 활성도가 높은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 5학년 교실 색채 자극은 전체적으로 이완을 주는 색채이며 뇌의 활성도가 전반적으로 활발하다는 결과를 도출할 수 있었다.

6) 6학년 교실 색채

유의 확률인 $p<0.05$ 의 결과를 통하여 분석하면 RAB에서 6채널과 SEF50에서 5채널이 도출되었다.

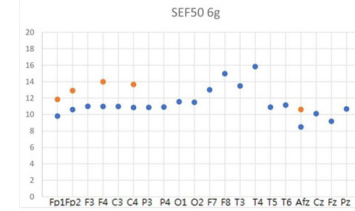
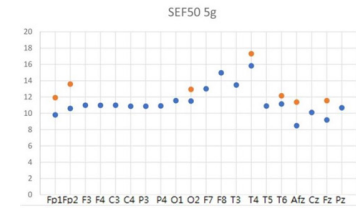
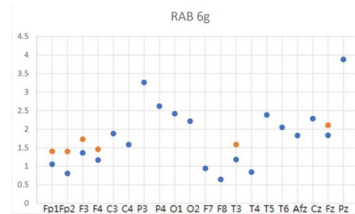
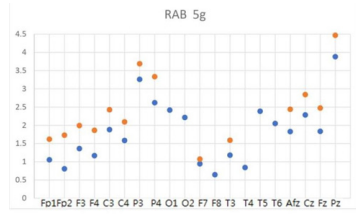
6학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp1, Fp2, F3, F4, T3, Fz가 도출되었으며 각성 채널은 전혀 나타나지 않은 것으로 분석되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, F4, C4, Afz에서 뇌의 활성도가 활발한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 6학년 교실 색채는 전체적으로 뇌가 활성화 되는 이완적인 색채라 할 수 있다.

Table 6 5학년 및 6학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	5학년	6학년																																																																																																																																																																																																																																																																														
RAB SEF50 대응 표본 검정	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">대응 표본</th> <th colspan="2">5학년</th> <th colspan="2">6학년</th> <th colspan="2">검정</th> <th colspan="2">통계</th> </tr> <tr> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>5학년</th> <th>6학년</th> <th>t</th> <th>p</th> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>5학년</th> <th>6학년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>Fp1-RAB</td><td>58629258</td><td>1,25419083</td><td>22178883</td><td>11485889</td><td>1,03888754</td><td>2.506</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>5</td><td>Fp2-RAB</td><td>62928812</td><td>1,68518101</td><td>28838888</td><td>31318878</td><td>1,63842847</td><td>3.986</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>6</td><td>F3-RAB</td><td>81843284</td><td>88827037</td><td>151888748</td><td>31888881</td><td>54773287</td><td>4.182</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>7</td><td>F4-RAB</td><td>69888878</td><td>1,47842441</td><td>28288867</td><td>18428328</td><td>1,87718881</td><td>2.774</td><td>31</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>8</td><td>C3-RAB</td><td>54012888</td><td>70288888</td><td>12478783</td><td>29188888</td><td>78877888</td><td>4.388</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>9</td><td>C4-RAB</td><td>51187218</td><td>88888442</td><td>14827874</td><td>22188144</td><td>38388774</td><td>5.937</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>10</td><td>P3-RAB</td><td>42812158</td><td>1,02744451</td><td>18157878</td><td>88878788</td><td>78847216</td><td>2.382</td><td>31</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>11</td><td>T3-RAB</td><td>71288158</td><td>46818788</td><td>28188787</td><td>18428328</td><td>1,24488832</td><td>2.798</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>12</td><td>T4-RAB</td><td>12828148</td><td>34484888</td><td>88888811</td><td>38881748</td><td>25848846</td><td>2.128</td><td>31</td><td>0.034</td></tr> <tr><td>13</td><td>Afz-RAB</td><td>48888218</td><td>71414288</td><td>12848888</td><td>15157888</td><td>68851328</td><td>3.248</td><td>31</td><td>0.003</td></tr> <tr><td>14</td><td>Cz-RAB</td><td>61478888</td><td>1,74822272</td><td>24888888</td><td>11888788</td><td>1,11048225</td><td>2.538</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>15</td><td>Fz-RAB</td><td>38814888</td><td>78828888</td><td>14118811</td><td>27131287</td><td>88888888</td><td>3.982</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>16</td><td>Pz-RAB</td><td>88118884</td><td>1,38827214</td><td>28288848</td><td>14881488</td><td>1,11887878</td><td>2.544</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> </tbody> </table>	대응 표본		5학년		6학년		검정		통계		구분	대응 표본	5학년	6학년	t	p	구분	대응 표본	5학년	6학년	4	Fp1-RAB	58629258	1,25419083	22178883	11485889	1,03888754	2.506	31	0.019	5	Fp2-RAB	62928812	1,68518101	28838888	31318878	1,63842847	3.986	31	0.000	6	F3-RAB	81843284	88827037	151888748	31888881	54773287	4.182	31	0.000	7	F4-RAB	69888878	1,47842441	28288867	18428328	1,87718881	2.774	31	0.008	8	C3-RAB	54012888	70288888	12478783	29188888	78877888	4.388	31	0.000	9	C4-RAB	51187218	88888442	14827874	22188144	38388774	5.937	31	0.000	10	P3-RAB	42812158	1,02744451	18157878	88878788	78847216	2.382	31	0.023	11	T3-RAB	71288158	46818788	28188787	18428328	1,24488832	2.798	31	0.019	12	T4-RAB	12828148	34484888	88888811	38881748	25848846	2.128	31	0.034	13	Afz-RAB	48888218	71414288	12848888	15157888	68851328	3.248	31	0.003	14	Cz-RAB	61478888	1,74822272	24888888	11888788	1,11048225	2.538	31	0.019	15	Fz-RAB	38814888	78828888	14118811	27131287	88888888	3.982	31	0.000	16	Pz-RAB	88118884	1,38827214	28288848	14881488	1,11887878	2.544	31	0.019	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">대응 표본</th> <th colspan="2">5학년</th> <th colspan="2">6학년</th> <th colspan="2">검정</th> <th colspan="2">통계</th> </tr> <tr> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>5학년</th> <th>6학년</th> <th>t</th> <th>p</th> <th>구분</th> <th>대응 표본</th> <th>5학년</th> <th>6학년</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4</td><td>Fp1-RAB</td><td>34842878</td><td>69222788</td><td>12218778</td><td>88818888</td><td>58788881</td><td>2.881</td><td>31</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>5</td><td>Fp2-RAB</td><td>69218878</td><td>54827887</td><td>88818878</td><td>38882888</td><td>78488888</td><td>6.188</td><td>31</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>6</td><td>F3-RAB</td><td>38813888</td><td>61888788</td><td>14823888</td><td>67888278</td><td>68148882</td><td>2.588</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>7</td><td>F4-RAB</td><td>28828813</td><td>78888888</td><td>12878714</td><td>67728887</td><td>58278888</td><td>2.288</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>8</td><td>C3-RAB</td><td>48237888</td><td>88818888</td><td>15888888</td><td>17887878</td><td>72787888</td><td>2.534</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>9</td><td>C4-RAB</td><td>28288888</td><td>61888788</td><td>14823888</td><td>67728887</td><td>58278888</td><td>2.288</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>10</td><td>P3-SEF50</td><td>1,28288788</td><td>4,61418788</td><td>81578212</td><td>148418881</td><td>1,31848287</td><td>2.882</td><td>31</td><td>0.008</td></tr> <tr><td>11</td><td>P4-SEF50</td><td>3,88878888</td><td>8,88812881</td><td>1,21428884</td><td>52821198</td><td>5,47881778</td><td>2.472</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>12</td><td>C3-SEF50</td><td>2,88878888</td><td>6,88812881</td><td>1,07882884</td><td>61827878</td><td>4,98278788</td><td>2.617</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>13</td><td>Afz-SEF50</td><td>2,12878884</td><td>6,88812881</td><td>82781288</td><td>44781928</td><td>3,88888888</td><td>2.586</td><td>31</td><td>0.019</td></tr> </tbody> </table>	대응 표본		5학년		6학년		검정		통계		구분	대응 표본	5학년	6학년	t	p	구분	대응 표본	5학년	6학년	4	Fp1-RAB	34842878	69222788	12218778	88818888	58788881	2.881	31	0.008	5	Fp2-RAB	69218878	54827887	88818878	38882888	78488888	6.188	31	0.000	6	F3-RAB	38813888	61888788	14823888	67888278	68148882	2.588	31	0.019	7	F4-RAB	28828813	78888888	12878714	67728887	58278888	2.288	31	0.019	8	C3-RAB	48237888	88818888	15888888	17887878	72787888	2.534	31	0.019	9	C4-RAB	28288888	61888788	14823888	67728887	58278888	2.288	31	0.019	10	P3-SEF50	1,28288788	4,61418788	81578212	148418881	1,31848287	2.882	31	0.008	11	P4-SEF50	3,88878888	8,88812881	1,21428884	52821198	5,47881778	2.472	31	0.019	12	C3-SEF50	2,88878888	6,88812881	1,07882884	61827878	4,98278788	2.617	31	0.019	13	Afz-SEF50	2,12878884	6,88812881	82781288	44781928	3,88888888	2.586	31	0.019
대응 표본		5학년		6학년		검정		통계																																																																																																																																																																																																																																																																								
구분	대응 표본	5학년	6학년	t	p	구분	대응 표본	5학년	6학년																																																																																																																																																																																																																																																																							
4	Fp1-RAB	58629258	1,25419083	22178883	11485889	1,03888754	2.506	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	Fp2-RAB	62928812	1,68518101	28838888	31318878	1,63842847	3.986	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
6	F3-RAB	81843284	88827037	151888748	31888881	54773287	4.182	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
7	F4-RAB	69888878	1,47842441	28288867	18428328	1,87718881	2.774	31	0.008																																																																																																																																																																																																																																																																							
8	C3-RAB	54012888	70288888	12478783	29188888	78877888	4.388	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
9	C4-RAB	51187218	88888442	14827874	22188144	38388774	5.937	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
10	P3-RAB	42812158	1,02744451	18157878	88878788	78847216	2.382	31	0.023																																																																																																																																																																																																																																																																							
11	T3-RAB	71288158	46818788	28188787	18428328	1,24488832	2.798	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
12	T4-RAB	12828148	34484888	88888811	38881748	25848846	2.128	31	0.034																																																																																																																																																																																																																																																																							
13	Afz-RAB	48888218	71414288	12848888	15157888	68851328	3.248	31	0.003																																																																																																																																																																																																																																																																							
14	Cz-RAB	61478888	1,74822272	24888888	11888788	1,11048225	2.538	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
15	Fz-RAB	38814888	78828888	14118811	27131287	88888888	3.982	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
16	Pz-RAB	88118884	1,38827214	28288848	14881488	1,11887878	2.544	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
대응 표본		5학년		6학년		검정		통계																																																																																																																																																																																																																																																																								
구분	대응 표본	5학년	6학년	t	p	구분	대응 표본	5학년	6학년																																																																																																																																																																																																																																																																							
4	Fp1-RAB	34842878	69222788	12218778	88818888	58788881	2.881	31	0.008																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	Fp2-RAB	69218878	54827887	88818878	38882888	78488888	6.188	31	0.000																																																																																																																																																																																																																																																																							
6	F3-RAB	38813888	61888788	14823888	67888278	68148882	2.588	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
7	F4-RAB	28828813	78888888	12878714	67728887	58278888	2.288	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
8	C3-RAB	48237888	88818888	15888888	17887878	72787888	2.534	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
9	C4-RAB	28288888	61888788	14823888	67728887	58278888	2.288	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
10	P3-SEF50	1,28288788	4,61418788	81578212	148418881	1,31848287	2.882	31	0.008																																																																																																																																																																																																																																																																							
11	P4-SEF50	3,88878888	8,88812881	1,21428884	52821198	5,47881778	2.472	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
12	C3-SEF50	2,88878888	6,88812881	1,07882884	61827878	4,98278788	2.617	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							
13	Afz-SEF50	2,12878884	6,88812881	82781288	44781928	3,88888888	2.586	31	0.019																																																																																																																																																																																																																																																																							

RAB
/
SEF50
분석
그래프



7) 7학년 교실 색채

통계를 통하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 6채널, SEF50에서 5채널이 도출되었다.

7학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp2, F3, F4, C3, F8, T3에서 나타났으며 각성 채널은 존재하지 않는 것으로 분석되었다. 또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, O2, Afz, Fz에서 활성도가 높은 결과로 분석되었다.

이와 같은 결과는 7학년 교실 색채 알파파 비율이 매우 많고 베타파 비율이 없으며 뇌 활성도가 높아 생리적으로 이완에 영향을 주는 색채라는 사실을 인지할 수 있었다.

8) 8학년 교실 색채

SPSS 22.0에 의하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 16채널, SEF50에서 9채널이 유의한 것으로 도출되었으며 분석 내용을 정리하면 다음과 같다.

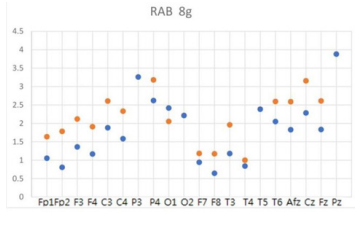
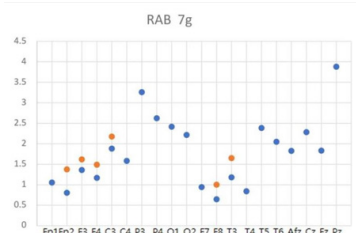
8학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에서는 각성 채널은 O1에서만 나타났으며 이완 채널은 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, O1, F7, F8, T3, T4, T6, Afz, Cz, Fz이 도출되었다.

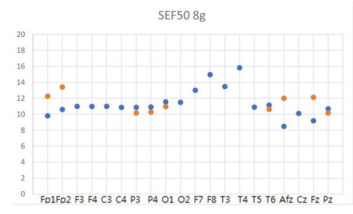
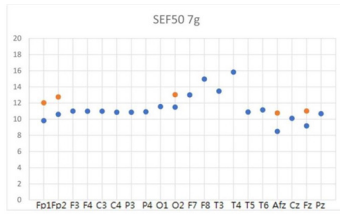
또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, Afz, Fz, Pz에서 뇌 활성도가 높았으며 P3, P4, O1, T6에서 활성도가 낮아진 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 8학년 교실 색채자극은 한 채널을 제외하고 전반적인 자극에 있어 이완을 주는 색채이며 뇌의 활성도는 높고, 낮음이 혼용되고 있다는 것을 알 수 있다.

Table 7 7학년 및 8학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	7학년	8학년																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
RAB	<table border="1"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.92014018</td> <td>5.89700000</td> <td>1.04718428</td> <td>3.69119044</td> <td>3.02643192</td> <td>5.4719</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.23237000</td> <td>4.43453024</td> <td>0.78321160</td> <td>0.97031136</td> <td>4.17356080</td> <td>3.3284</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>2.92323000</td> <td>0.60881396</td> <td>1.19023490</td> <td>0.89202016</td> <td>0.91691347</td> <td>2.7661</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2.02323000</td> <td>0.80881396</td> <td>1.04030000</td> <td>0.81220016</td> <td>0.87479440</td> <td>2.4021</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.65053000</td> <td>2.62792000</td> <td>1.32719360</td> <td>0.84379200</td> <td>0.25723797</td> <td>2.4735</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4.70114000</td> <td>2.62792000</td> <td>1.35443741</td> <td>1.93824311</td> <td>1.46300560</td> <td>3.4711</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>4.70114000</td> <td>2.62792000</td> <td>1.35443741</td> <td>1.93824311</td> <td>1.46300560</td> <td>3.4711</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>2.21294705</td> <td>2.95738525</td> <td>4.02252562</td> <td>1.29012746</td> <td>3.13986204</td> <td>4.8984</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1.15708004</td> <td>4.19369007</td> <td>2.64767062</td> <td>0.94612107</td> <td>1.72028000</td> <td>2.8162</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1.52688054</td> <td>4.19369007</td> <td>2.64767062</td> <td>0.94612107</td> <td>1.72028000</td> <td>2.8162</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>2.28214290</td> <td>4.31369000</td> <td>2.63751000</td> <td>2.04811000</td> <td>1.83943074</td> <td>2.9881</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>2.89941019</td> <td>4.71240000</td> <td>0.83073899</td> <td>1.40087076</td> <td>1.53822452</td> <td>2.2391</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	채널	A	B	C	D	E	F	G	H	I	1	5.92014018	5.89700000	1.04718428	3.69119044	3.02643192	5.4719	31	0.03		2	3.23237000	4.43453024	0.78321160	0.97031136	4.17356080	3.3284	31	0.03		3	2.92323000	0.60881396	1.19023490	0.89202016	0.91691347	2.7661	31	0.03		4	2.02323000	0.80881396	1.04030000	0.81220016	0.87479440	2.4021	31	0.03		5	3.65053000	2.62792000	1.32719360	0.84379200	0.25723797	2.4735	31	0.03		6	4.70114000	2.62792000	1.35443741	1.93824311	1.46300560	3.4711	31	0.03		7	4.70114000	2.62792000	1.35443741	1.93824311	1.46300560	3.4711	31	0.03		8	2.21294705	2.95738525	4.02252562	1.29012746	3.13986204	4.8984	31	0.03		9	1.15708004	4.19369007	2.64767062	0.94612107	1.72028000	2.8162	31	0.03		10	1.52688054	4.19369007	2.64767062	0.94612107	1.72028000	2.8162	31	0.03		11	2.28214290	4.31369000	2.63751000	2.04811000	1.83943074	2.9881	31	0.03		12	2.89941019	4.71240000	0.83073899	1.40087076	1.53822452	2.2391	31	0.03		<table border="1"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.94250000</td> <td>3.07860000</td> <td>1.25151930</td> <td>3.26814030</td> <td>0.81690000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3.73702000</td> <td>0.82361000</td> <td>1.92721210</td> <td>0.69930270</td> <td>1.20854221</td> <td>6.3000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.91442010</td> <td>2.60242000</td> <td>1.93107000</td> <td>4.74860000</td> <td>1.04322000</td> <td>5.4400</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3.41146000</td> <td>3.82400000</td> <td>1.93830217</td> <td>4.17812153</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>3.04100000</td> <td>0.91000000</td> <td>1.57666200</td> <td>4.02924000</td> <td>1.04857000</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>2.29646004</td> <td>4.99846076</td> <td>0.88193816</td> <td>0.58448111</td> <td>4.19444377</td> <td>2.7121</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>3.52437969</td> <td>2.98130779</td> <td>1.93139160</td> <td>2.82632771</td> <td>2.93843018</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>2.71012311</td> <td>3.62354048</td> <td>1.62701300</td> <td>4.32624046</td> <td>1.11818191</td> <td>4.4000</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>1.50408156</td> <td>3.82197008</td> <td>0.88122000</td> <td>0.88820000</td> <td>2.79461173</td> <td>2.7021</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1.54349000</td> <td>0.91532734</td> <td>1.75279800</td> <td>1.87953000</td> <td>3.02295172</td> <td>3.1121</td> <td>31</td> <td>0.03</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	채널	A	B	C	D	E	F	G	H	I	1	5.94250000	3.07860000	1.25151930	3.26814030	0.81690000	4.4000	31	0.03		2	3.73702000	0.82361000	1.92721210	0.69930270	1.20854221	6.3000	31	0.03		3	3.91442010	2.60242000	1.93107000	4.74860000	1.04322000	5.4400	31	0.03		4	3.41146000	3.82400000	1.93830217	4.17812153	1.04857000	4.4000	31	0.03		5	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		6	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		7	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		8	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		9	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		10	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		11	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03		12	2.29646004	4.99846076	0.88193816	0.58448111	4.19444377	2.7121	31	0.03		13	3.52437969	2.98130779	1.93139160	2.82632771	2.93843018	4.4000	31	0.03		14	2.71012311	3.62354048	1.62701300	4.32624046	1.11818191	4.4000	31	0.03		15	1.50408156	3.82197008	0.88122000	0.88820000	2.79461173	2.7021	31	0.03		16	1.54349000	0.91532734	1.75279800	1.87953000	3.02295172	3.1121	31	0.03	
채널	A	B	C	D	E	F	G	H	I																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	5.92014018	5.89700000	1.04718428	3.69119044	3.02643192	5.4719	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	3.23237000	4.43453024	0.78321160	0.97031136	4.17356080	3.3284	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	2.92323000	0.60881396	1.19023490	0.89202016	0.91691347	2.7661	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4	2.02323000	0.80881396	1.04030000	0.81220016	0.87479440	2.4021	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5	3.65053000	2.62792000	1.32719360	0.84379200	0.25723797	2.4735	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6	4.70114000	2.62792000	1.35443741	1.93824311	1.46300560	3.4711	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7	4.70114000	2.62792000	1.35443741	1.93824311	1.46300560	3.4711	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8	2.21294705	2.95738525	4.02252562	1.29012746	3.13986204	4.8984	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9	1.15708004	4.19369007	2.64767062	0.94612107	1.72028000	2.8162	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
10	1.52688054	4.19369007	2.64767062	0.94612107	1.72028000	2.8162	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
11	2.28214290	4.31369000	2.63751000	2.04811000	1.83943074	2.9881	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12	2.89941019	4.71240000	0.83073899	1.40087076	1.53822452	2.2391	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
채널	A	B	C	D	E	F	G	H	I																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	5.94250000	3.07860000	1.25151930	3.26814030	0.81690000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2	3.73702000	0.82361000	1.92721210	0.69930270	1.20854221	6.3000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
3	3.91442010	2.60242000	1.93107000	4.74860000	1.04322000	5.4400	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
4	3.41146000	3.82400000	1.93830217	4.17812153	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
7	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
8	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
9	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
10	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
11	3.04100000	0.91000000	1.57666200	4.02924000	1.04857000	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
12	2.29646004	4.99846076	0.88193816	0.58448111	4.19444377	2.7121	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
13	3.52437969	2.98130779	1.93139160	2.82632771	2.93843018	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
14	2.71012311	3.62354048	1.62701300	4.32624046	1.11818191	4.4000	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
15	1.50408156	3.82197008	0.88122000	0.88820000	2.79461173	2.7021	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
16	1.54349000	0.91532734	1.75279800	1.87953000	3.02295172	3.1121	31	0.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
SEF50																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
대응																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
표본																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
검정																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

RAB
/
SEF50
분석
그래프





9) 9학년 교실 색채

유의 확률인 $p < 0.05$ 의 결과를 통하여 분석하면 RAB에서 9채널과 SEF50에서 7채널이 도출되었다.

9학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp2, F3, F4, C4, O1, F8, T3, T5가 도출되었으며 각성 채널은 O2에서만 도출된 것으로 분석되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, O2, F7, T4, Afz, Fz에서 뇌의 활성도가 활발한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 6학년 교실 색채는 전체적으로 뇌가 활성화 되는 이완적인 색채라 할 수 있다.

10) 10학년 교실 색채

통계를 통하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 15채널, SEF50에서 5채널이 도출되었다.

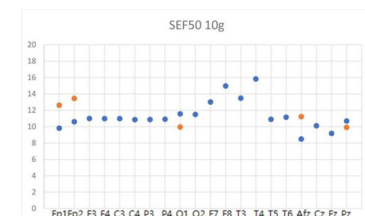
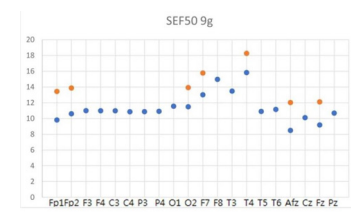
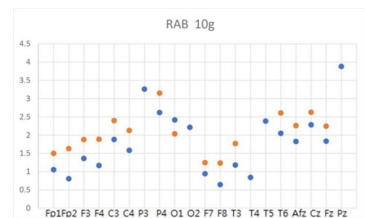
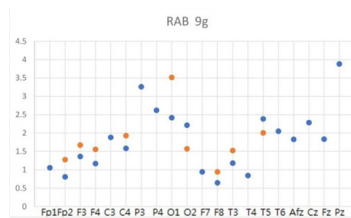
10학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, O1, F7, F8, T3, T6, Afz, Cz, Fz에서 나타났으며 각성 채널은 O1에서만 나타난 것으로 분석되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, Afz에서 활성도가 높았으며 O1, Pz에서 낮은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 10학년 교실 색채는 알파파 비율이 매우 많고 베타파 비율이 낮으며 뇌 활성도에 있어서 높고, 낮음이 혼재되어 색채라는 사실을 인지할 수 있었다.

Table 8 9학년 및 10학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	9학년	10학년																																																																																																																																												
RAB 대응 표본 검정	<table border="1"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>평균</th> <th>표준 편차</th> <th>통계량</th> <th>유의성</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fp1</td><td>471.74831</td><td>50491234</td><td>0.9023762</td><td>0.529</td></tr> <tr><td>Fp2</td><td>31724503</td><td>60738011</td><td>1.1820207</td><td>0.246</td></tr> <tr><td>F3</td><td>9897958</td><td>72621017</td><td>1.3762252</td><td>0.173</td></tr> <tr><td>F4</td><td>3657753</td><td>66007948</td><td>1.1674252</td><td>0.251</td></tr> <tr><td>C3</td><td>9823278</td><td>19824641</td><td>1.7462294</td><td>-1.2627130</td></tr> <tr><td>C4</td><td>54617078</td><td>17870279</td><td>2.0822001</td><td>-1.6646762</td></tr> <tr><td>P3</td><td>29631218</td><td>43847917</td><td>0.8811931</td><td>1.1685233</td></tr> <tr><td>P4</td><td>34151250</td><td>30034025</td><td>1.6873419</td><td>0.1462363</td></tr> <tr><td>O1</td><td>3627018</td><td>78962201</td><td>1.4739130</td><td>-8.7001190</td></tr> <tr><td>O2</td><td>18178265</td><td>13162734</td><td>0.8124541</td><td>2.3718973</td></tr> <tr><td>F7</td><td>13798434</td><td>43847917</td><td>0.8119517</td><td>1.4782641</td></tr> <tr><td>F8</td><td>242981878</td><td>448535167</td><td>7.6087016</td><td>827170430</td></tr> <tr><td>T3</td><td>278947034</td><td>594770381</td><td>1.9589882</td><td>628228013</td></tr> </tbody> </table>	채널	평균	표준 편차	통계량	유의성	Fp1	471.74831	50491234	0.9023762	0.529	Fp2	31724503	60738011	1.1820207	0.246	F3	9897958	72621017	1.3762252	0.173	F4	3657753	66007948	1.1674252	0.251	C3	9823278	19824641	1.7462294	-1.2627130	C4	54617078	17870279	2.0822001	-1.6646762	P3	29631218	43847917	0.8811931	1.1685233	P4	34151250	30034025	1.6873419	0.1462363	O1	3627018	78962201	1.4739130	-8.7001190	O2	18178265	13162734	0.8124541	2.3718973	F7	13798434	43847917	0.8119517	1.4782641	F8	242981878	448535167	7.6087016	827170430	T3	278947034	594770381	1.9589882	628228013	<table border="1"> <thead> <tr> <th>채널</th> <th>평균</th> <th>표준 편차</th> <th>통계량</th> <th>유의성</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fp1</td><td>48761388</td><td>72621017</td><td>1.2875521</td><td>0.103</td></tr> <tr><td>Fp2</td><td>42818184</td><td>96463876</td><td>1.7521164</td><td>0.087</td></tr> <tr><td>F3</td><td>51770188</td><td>78912384</td><td>1.3854662</td><td>0.102</td></tr> <tr><td>F4</td><td>7218188</td><td>13003688</td><td>1.7731884</td><td>0.099</td></tr> <tr><td>C3</td><td>51911982</td><td>17823828</td><td>1.3704841</td><td>0.2830839</td></tr> <tr><td>C4</td><td>5452295</td><td>17781462</td><td>1.8464621</td><td>0.061752</td></tr> <tr><td>P3</td><td>5224154</td><td>16870104</td><td>1.8237261</td><td>0.1968777</td></tr> <tr><td>P4</td><td>37800381</td><td>1852181</td><td>15.858168</td><td>-6.8142357</td></tr> <tr><td>O1</td><td>3827018</td><td>78962201</td><td>1.4739130</td><td>-9.9648436</td></tr> <tr><td>O2</td><td>18178265</td><td>13162734</td><td>0.8124541</td><td>2.3718973</td></tr> <tr><td>F7</td><td>13798434</td><td>43847917</td><td>0.8119517</td><td>1.4782641</td></tr> <tr><td>F8</td><td>242981878</td><td>448535167</td><td>7.6087016</td><td>827170430</td></tr> <tr><td>T3</td><td>278947034</td><td>594770381</td><td>1.9589882</td><td>628228013</td></tr> </tbody> </table>	채널	평균	표준 편차	통계량	유의성	Fp1	48761388	72621017	1.2875521	0.103	Fp2	42818184	96463876	1.7521164	0.087	F3	51770188	78912384	1.3854662	0.102	F4	7218188	13003688	1.7731884	0.099	C3	51911982	17823828	1.3704841	0.2830839	C4	5452295	17781462	1.8464621	0.061752	P3	5224154	16870104	1.8237261	0.1968777	P4	37800381	1852181	15.858168	-6.8142357	O1	3827018	78962201	1.4739130	-9.9648436	O2	18178265	13162734	0.8124541	2.3718973	F7	13798434	43847917	0.8119517	1.4782641	F8	242981878	448535167	7.6087016	827170430	T3	278947034	594770381	1.9589882	628228013
채널	평균	표준 편차	통계량	유의성																																																																																																																																										
Fp1	471.74831	50491234	0.9023762	0.529																																																																																																																																										
Fp2	31724503	60738011	1.1820207	0.246																																																																																																																																										
F3	9897958	72621017	1.3762252	0.173																																																																																																																																										
F4	3657753	66007948	1.1674252	0.251																																																																																																																																										
C3	9823278	19824641	1.7462294	-1.2627130																																																																																																																																										
C4	54617078	17870279	2.0822001	-1.6646762																																																																																																																																										
P3	29631218	43847917	0.8811931	1.1685233																																																																																																																																										
P4	34151250	30034025	1.6873419	0.1462363																																																																																																																																										
O1	3627018	78962201	1.4739130	-8.7001190																																																																																																																																										
O2	18178265	13162734	0.8124541	2.3718973																																																																																																																																										
F7	13798434	43847917	0.8119517	1.4782641																																																																																																																																										
F8	242981878	448535167	7.6087016	827170430																																																																																																																																										
T3	278947034	594770381	1.9589882	628228013																																																																																																																																										
채널	평균	표준 편차	통계량	유의성																																																																																																																																										
Fp1	48761388	72621017	1.2875521	0.103																																																																																																																																										
Fp2	42818184	96463876	1.7521164	0.087																																																																																																																																										
F3	51770188	78912384	1.3854662	0.102																																																																																																																																										
F4	7218188	13003688	1.7731884	0.099																																																																																																																																										
C3	51911982	17823828	1.3704841	0.2830839																																																																																																																																										
C4	5452295	17781462	1.8464621	0.061752																																																																																																																																										
P3	5224154	16870104	1.8237261	0.1968777																																																																																																																																										
P4	37800381	1852181	15.858168	-6.8142357																																																																																																																																										
O1	3827018	78962201	1.4739130	-9.9648436																																																																																																																																										
O2	18178265	13162734	0.8124541	2.3718973																																																																																																																																										
F7	13798434	43847917	0.8119517	1.4782641																																																																																																																																										
F8	242981878	448535167	7.6087016	827170430																																																																																																																																										
T3	278947034	594770381	1.9589882	628228013																																																																																																																																										

RAB / SEF50 분석 그래프



11) 11학년 교실 색채

SPSS 22.0에 의하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 10채널, SFE50에서 3채널이 유의한 것으로 도출되었으며 분석 내용을 정리하면 다음과 같다.

11학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에서는 각성 채널은 나타나지 않았으며 이완 채널은 Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, F8, Afz, Fz이 도출되었다. 또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, Fp2, Afz에서 뇌 활성도가 높은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 11학년 교실 색채 자극은 전체적인 자극에 있어 이완을 주는 색채이며 뇌의 활성도는 높은 것으로 나타났다.

12) 12학년 교실 색채

유의 확률인 $p < 0.05$ 의 결과를 통하여 분석하면 RAB에서 12채널과 SFE50에서 3채널이 도출되었다.

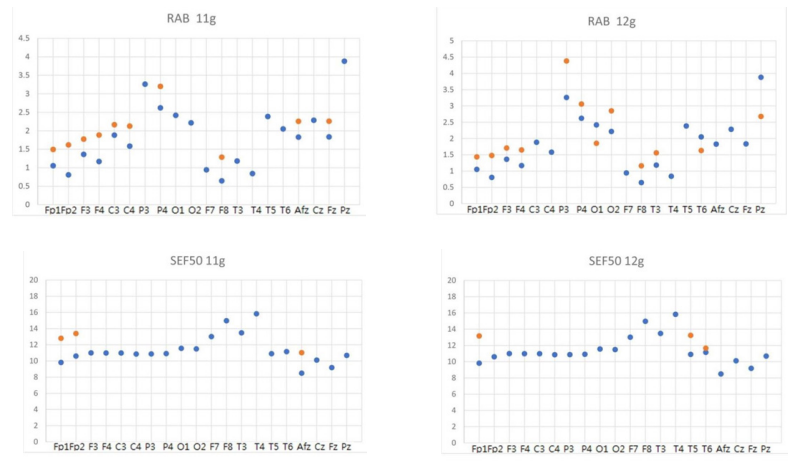
12학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 Fp1, Fp2, F3, F4, P3, P4, O2, F8, T3이 도출되었으며 각성 채널은 O1, T6, Pz 채널에서 나타난 것으로 분석되었다.

또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, T5, T6에서 뇌의 활성도가 활발한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 12학년 교실 색채는 전체적으로 뇌가 활성화 되며 3개 채널 일부에서 각성이 나타났으나 전반적으로 이완적인 색채라 분석할 수 있다.

Table 9 11학년 및 12학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분	11학년	12학년
RAB SEF50 대응 표본 검정	1	2
	2	3
	3	4
	4	5
	5	6
	6	7
	7	8
	8	9
	9	10
	10	11
	11	12
	12	13
	13	14
	14	15
	15	16

RAB / SEF50 분석 그래프



13) 13학년 교실 색채

통계를 통하여 $p < 0.05$ 의 유의확률 결과가 RAB에서 4채널, SFE50에서 4채널이 도출되었다.

13학년 교실 색채 자극에서는 베타파 상대 알파파의 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 FP2, C3, F8, T3에서 비율인 RAB에 있어 이완 채널로 FP2, C3, F8, T3에서 나타났고 각성 채널은 존재하지 않는 것으로 분석되었다. 또한 뇌 활성도를 나타내는 지표인 SEF50에서는 Fp1, O1, T5, T6에서 활성도가 높아진다는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 13학년 교실 색채는 알파파 비율이 매우 많아 이완적 특성을 나타냈으며 뇌 활성도에 있어 활성적인 색채라는 사실을 인지할 수 있었다.

Table 10 13학년 교실색채 대응표본 검정 통계와 분석

구분		13학년											
RAB SEF50 대응 표본 검정	1	대상 범위											
	2	평균		표준 편차		표준 오차		카이의 95% 신뢰구간		t		비	유의수준
	3	13g											
	4	Fo2-RAB	599915344	1,237895304	218831041	153606493	1,046224194	2.741	31	.000			
	5	C3-RAB	359700506	934433636	165186096	62281654	696600158	2.178	31	.037			
	6	F8-RAB	486336000	1,292563385	229495088	620319212	952366788	2.126	31	.041			
	7	T3-RAB	547242719	924478704	163426290	213932602	888952035	3.349	31	.002			
	8	Fo1-SEF50	3,794670188	5,073114433	89808404	1,985817388	5,623722987	4.231	31	.000			
	9	Fo2-SEF50	3,969669313	5,35366825	946403847	2,039465940	5,899672685	4.194	31	.000			
	10	O2-SEF50	2,025127438	5,050249602	892766495	2,043182399	3,645936586	2.268	31	.034			
	11	T6-SEF50	1,738071489	3,982309642	785747358	298890242	3,177452695	2.463	31	.024			
	12	Atz-SEF50	3,306389188	7,960413911	1,407215664	436353918	6,176424457	2.350	31	.029			

RAB / SEF50 분석 그래프

SEF50 13g

4. 결론

발도르프학교의 각 학년별 교실 색채에 대하여 생리적 반응을 연구하는 단계로 VR을 이용한 EEG 실험을 13학년까지 13가지 색채를 분석, 종합하였다.

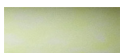

통계 분석에 있어서는 유의 확률을 기준으로 하여 $p < 0.05$ 의 산출값을 각성과 이완 및 뇌 활성화에 영향을 주는 RAB와 SEF50 지표를 근거로 채널별 색채 특성을 분석하였다.

이와 같은 발도르프학교의 각 학년별 교실 색채의 실험에 대한 내용을 학년별 색채 자극과 분석 지표 및 분석 내용을 종합하면 다음과 같다

- ①전체적으로 발도르프학교 교실 색채에서는 전반적인 이완을 나타내는 색채가 많았으며 전반적으로 뇌 활성화도가 활발한 것으로 분석되었다.
- ②전반적으로 이완을 주는 색채를 보면 4학년과 12학년을 제외하고 이완 경향이 매우 높은 것으로 분석되었으며 뇌 활성화도에 있어서는 3학년, 8학년, 10학년, 11학년을 제외하고 이완 경향이 매우 높은 것으로 분석되었다. 뇌 활성화도에 있어서는 3학년, 8학년, 10학년, 11학년을 제외하고 활성화도가 활발한 것으로 분석되었다.
- ③4학년과 12학년의 색채에서 White 색채의 범위가 많아 각성적 특성이 많은 것으로 분석되었으며 뇌 활성화도가 낮은 3학년, 8학년, 10학년, 11학년의 색채에서는 Yellow와 Green, Blue의 색채 범위가 많아지면 뇌의 활성화도가 낮은 것으로 종합되었다.
- ④발도르프학교라는 교육적 측면에서 교실 색채가 안정적인 알파파 비율이 높은 이완적 특징을 나타내고 있는 것으로 종합되었다.
- ⑤각성에 대한 전체적인 빈도가 낮으면서 뇌가 활발한 학습적 활동과 연결되는 색채라는 사실을 종합할 수 있었다.

이와 같이 발도르프학교의 교실 색채의 학년별 적용은 성장에 대한 각각의 색채의 연결성을 증시하여 적용하였다는 것과 이에 대한 EEG 실험 연구는 새로운 관점에서 매우 의미가 있으며 또한 향후 학문 간의 융합적인 측면에서 많은 연구가 진행되기를 기대한다.

Table 11 자극 색채(학년)별 색채 자극 실험 종합

색채자극	분석 지표		분석 종합
	RAB	SEF50	
<p>1학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:4 • 이완:Fp2, F4, F8, T3 • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:9 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, P4, O2, T4, T5, T6, Afz, Fz • 뇌 저활성:없음 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>2학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:9 • 이완:Fp2, P3, P4, O1, O2, T4, T6, Cz Pz • 각성:T4 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:8 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, P4, O2, T4, T5, T6, Afz • 뇌 저활성:없음 	<p>T4 채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>3학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:15 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, O1, F7, F8, T3, T4, T6, Afz, Cz, Fz • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:6 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, Afz, Fz • 뇌 저활성:T4, Pz 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 T4, Pz 채널을 제외하고 높은 뇌활 성을 보임</p>
<p>4학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:10 • 이완:Fp2, F3, F4, C4, O1, F8, T3 • 각성:P3, O2, Pz 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:10 • 이완:Fp2, F3, F4, C4, O1, F8, T3 • 각성:P3, O2, Pz • 유의확률 채널:7 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, O1, O2, T6, Afz, Fz • 뇌 저활성:없음 	<p>P3, O2, Pz 채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>5학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:14 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, T3, Afz, Cz, Fz, pZ • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:7 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, O2, T4, T6, Afz, Fz • 뇌 저활성:없음 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>6학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:6 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, T3, Fz • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:5 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, F4, C4, Afz • 뇌 저활성:없음 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>7학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:6 • 이완:FP2, F3, F4, C3, F8, T3 • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:5 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, O2, Afz, Fz • 뇌 저활성:없음 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>8학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:16 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, O1, F7, F8, T3, T4, T6, Afz, Cz, Fz • 각성:O1 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:9 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, Afz, Fz, Pz • 뇌 저활성:P3, P4, O1, T6 	<p>O1채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 중간 단계의 뇌 활성을 보임</p>
<p>9학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:9 • 이완:Fp2, F3, F4, C4, O1, F8, T3, T5 • 각성:O2 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:7 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, O2, F7, T4, Afz, Fz • 뇌 저활성:없음 	<p>O2, 채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>10학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:15 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, O1, F7, F8, T3, T6, Afz, Cz, Fz • 각성:O1 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:5 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, Afz • 뇌 저활성:O1, Pz 	<p>O1채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 중간 단계의 뇌 활성을 보임</p>
<p>11학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:10 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, O1, F7, F8, T3, T6, Afz, Cz, Fz • 각성:O1 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:3 • 뇌 활성화:Fp1, Fp2, Afz • 뇌 저활성:O1, Pz 	<p>O1채널을 제외하고 전반적으로 이완을 주는 색채로 중간 단계의 뇌 활성을 보임</p>
<p>12학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:12 • 이완:Fp1, Fp2, F3, F4, P3, P4, O2, F8, T3 • 각성:O1, T6, Pz 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:3 • 뇌 활성화:Fp1, T5, T6 • 뇌 저활성:없음 	<p>O1, T6, Pz 채널을 제외하고 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>
<p>13학년</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:4 • 이완:FP2, C3, F8, T3 • 각성:없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유의확률 채널:4 • 뇌 활성화:Fp1, O1, T5, T6 • 뇌 저활성:없음 	<p>전반적으로 이완을 주는 색채로 높은 뇌 활성을 보임</p>

References

1. Esterl, D. (2006). *Die erste Waldorfschule Stuttgart Uhlandshöhe*. Herausgegeben von der Pädagogischen Forschungsstelle Beim Bund der Freien Waldorfschule, 388–390.
2. Stockmeyer, E. A. K. (2001). *Angaben Rudolf Steiners für der Waldorfschulunterricht*. Herausgegeben von der Pädagogischer Forschungsstelle beim Bund der Freier Waldorfschuler, 111–112.
3. Lee, K., Kim D., & Choi, J. (2001). Electroencephalogram. Ko Ryeouihak.
4. Ryu, J. (2016). A Study on Physiological and Psychological Assessment Methods in line with Indoor Color Change. Doctoral Dissertation. Chungnam University, Daejeon, Korea.
5. Shin, D., & Kim, J. (2017). A Study on the Characteristics of Preceding EEG Test for Researches on Color Environmebt of Space for Healing. *Journal of Korea Institute of Spatial Design*, 45.
6. Waldorf World List 2014. (2014). INTERNATIONAL FORUM FOR STEINER/WALDORF-EDUCATION. 157–159.

EEG 실험에 의한 발도르프학교 교실색채 반응 특성에 관한 연구

신동준¹, 김주연^{2*}

¹홍익대학교 공간디자인, 서울, 대한민국

²홍익대학교 산업디자인과, 서울, 대한민국

초록

연구배경 색채 요소는 인체의 눈과 신경, 뇌에 의하여 자동적으로 전달되고 지각, 반응하는 기능을 가지고 있어 늘 생활하는 공간환경에서의 색채의 기능과 역할은 매우 중요하다. 이러한 측면에서 인간이 성장하는 과정에 대하여 생리적 관점에서 색채를 적용한 사람이 바로 루돌프 슈타이너(Rudolf Steiner)이며, 그가 인간의 성장에서 색채를 중요한 요소로 인식하고 전인적인 교육 색채원리로 제시하여 적용한 것이 발도르프학교의 교실 색채이다. 그러나 아직 발도르프학교 교실 색채에 대한 명확한 분석과 원리가 정립되지 않았는데, 본고에서는 발도르프학교 답사를 통해 교실 색채 자료를 EEG 실험의 색채 자극으로 하여 뇌 반응의 분석 하고 인체의 무의식적인 인지 활동에 따른 생리적 반응을 연구하고자 한다.

연구방법 인체의 뇌파가 발도르프학교 교실 색채에 대하여 어떠한 반응을 나타내는지 학년별 색채에 대한 특성을 분석하고 종합하였다. 실험은 32명의 피험자를 대상으로 실시하였으며 실험에 있어서는 발도르프학교 학년별로 적용된 13가지 색채 샘플에 대하여 이완과 각성에 관련된 지표에 따라 분석, 종합하였다.

연구결과 연구결과 객관적 실험 결과를 도출하기 위하여 EEG 기기를 이용하였고 실험에 의한 결과를 종합은 통계적인 검증 프로그램인 SPSS 22.0을 이용하여 유의확률에 의하여 분석하였다. 특히 실험 환경 및 조건에 있어서 객관적인 피험자의 선정과 실험 공간의 환경에서 영향을 주는 요소를 최소화하여 오차를 줄이고, 색채 자극에 있어서는 직접적인 색채 자극을 위하여 VR을 적용하는 실험 방법을 이용하므로 발도르프학교 교실 색채 반응에 대한 생리적 측면의 뇌파 반응을 객관화 하였다.

결론 각성과 이완의 분포를 판단할 수 있는 RAB와 SEF50의 지표에서 유의확률이 $p < 0.05$ 를 기준으로 한 결과를 종합하였는데 전체적인 발도르프학교 교실 색채는 전반적인 이완을 나타내었고 뇌 활성도도 활발한 것으로 분석되었다. 세부적인 내용을 보면 4학년과 12학년을 제외하고 이완 경향이 매우 높으며 뇌 활성도는 3, 8, 10, 11학년은 약간 활성화된데 비하여 나머지 학년은 매우 활성화된 것으로 분석되었다. 따라서 발도르프학교 교실색채는 교육적 측면에서 매우 안정적인 알파파 비율이 높은 이완적 특징을 나타내며 활발한 학습적 활동의 색채라는 사실을 입증하는 결과를 종합할 수 있었다.

주제어 뇌파, 발도르프학교, 교실색채, 반응특성

*교신저자 : 김주연 (jykim@hongik.ac.kr)