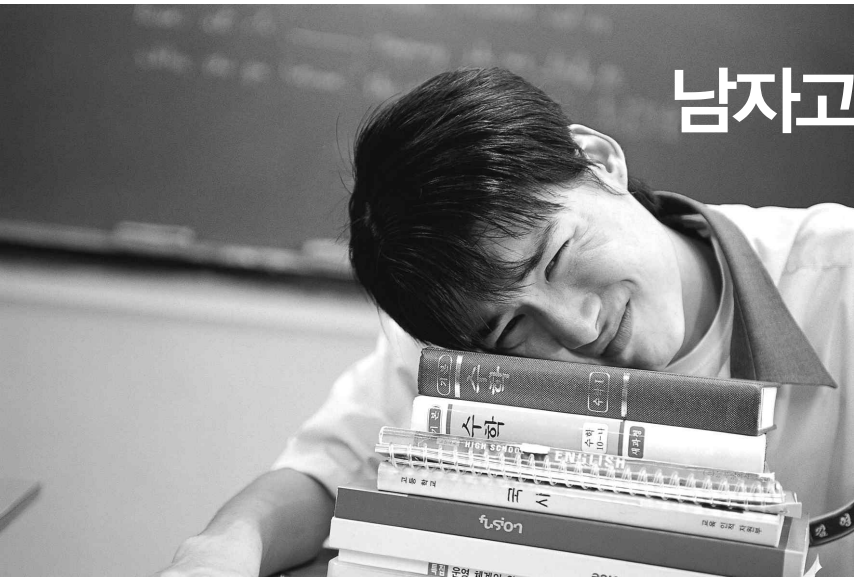
서울고등학교 주제중심의 소그룹 탐구발표대회 금상
서울특별시 학생탐구발표대회 우수상



남자고등학교 교실냄새에 대한 인식 및 뇌파반응

글 | **김수린**(지도교사), **류현**, **고우형**, **김정우**(서울고등학교 1학년)

초 록

고등학생 시기는 신체적으로 성장하고 성숙해져 가는 과정에 있기 때문에, 몸의 분비물로 인한 땀 냄새, 발 고린내, 머리 냄새 및 쉰 냄새가 많이 난다. 우리 팀은 남고생들에게 나는 냄새에 대해 선생님과 학부모님들이 얼마나 스트레스를 받고 있고, 가장 싫어하는 냄새는 무엇인지 설문지를 통해 조사하였다. 남자 고등학생 냄새를 선생님과 학부모님이 어떻게 인식하고 어떤 영향을 받는지를 조사하기 위해 감성평가와 뇌파 반응을 조사하였다.

남고 재직 선생님 17명과 30～60대 여성 20명을 대상으로 냄새에 대한 설문 조사를 하여 선생님은 일상생활 냄새와 땀 냄새, 머리 냄새, 발 고린내, 쉰 냄새 등과 같은 교실냄새에 대해서 학부모님(55%)보다 더 많은 스트레스(75%)를 받는 것으로 조사되었다. 가장 스트레스를 많이 주고 싫어하는 냄새는 선생님의 경우 땀 냄새와 발 고린내, 학부모님의 경우 발 고린내와 입 냄새였다. 이는 학부모와 선생님이 청소년들을 접하는 환경의 차이 때문으로 생각된다.

30～60대 여성 20명을 대상으로 교실냄새 4종(땀 냄새, 쉰 냄새, 발 고린내, 머리 냄새), 향취(레몬향, 커피향, 라벤다향, 복숭아향) 및 악취(부틸산, 부탄올)에 대한 뇌파 반응 및 감성평가를 하였다. 불쾌취인 교실 냄새에 의해 총 뇌파 값이 1～4배 증가되고, 불쾌감이 증가함에 따라 베타파와 감마파의 뇌파 값이 뚜렷하게 증가하였다. 불쾌도에 대한 뇌 반응의 민감도는 머리 냄새 > 땀 냄새 > 발 고린내 > 쉰 냄새 순이었다. 쾌감을 야기하는 향취는 선호도와 무관하게 총 뇌파 값이 0.9～1.4배 정도 증가하였다. 또한, 향취에 의해 알파파는 약간 증가하고 세타파, 베타파와 감마파는 약간 감소하였다.

뇌의 각성상태를 나타내는 지표인 SEF50 변화율은 향취의 경우 -3%～5%의 범위 내에서 작게 변화하였으나, 불쾌취의 경우 4%～14% 범위 내에서 크게 증가하였다. 향취는 심리적 안정 및 이완을 나타내는 지표인 RT(상대 세타파)+RA(상대 알파파) 뇌파비 변화율을 증가시켰으나, 교실냄새를 포함하는 불쾌취는 심리적인 각성을 나타내는 지표인 RB(상대 베타파)+RG(상대 감마파) 뇌파비 변화율을 증가시켰다. 따라서 이는 향취가 뇌를 각성시키기 보다는 뇌를 안정화시켜 심리적인 안정감을 가져오는 기능을 할 수 있음을 의미한다. 불쾌치는 뇌를 안정상태에서 스트레스를 받는 극도의 긴장 및 흥분 상태로 변화시켜 심리적으로 불안감을 조성할 수 있음을 의미한다.

본 연구를 통해 남자고등학교 교실에서의 냄새가 학생 자신들과 선생님들에게도 수업 집중력을 떨어뜨려 학습 효율 저해를 가져 올 수 있다는 것을 알게 되었다. 그러므로 교실에서 가능한 냄새가 나지 않도록 신체적 청결을 유지하고 교실 환기를 잘해야 한다.

I. 탐구배경 및 연구가설

1. 연구 배경

시각과 청각이 모든 사람들이 태어날 때부터 동일한 방법으로 사물의 형태를 인지하고 거리 및 방향을 평가하는 것과는 달리 후각은 인지과정에 있어서 사람들마다 커다란 차이를 보이기 때문에 다양한 감정을 유도할 수 있다. 그렇기 때문에 사람에 따라 냄새에 대해 각기 다양한 감정과 반응을 보인다. 냄새 물질에 대한 후각의 반응에 관한 연구가 수년 전부터 수행되고 있었다. 그러나 후각의 반응을 뇌 과학적으로 분석하여 그 자극과 반응을 냄새의 선호도와 함께 분석하는 연구는 극히 드물다. 따라서 이 연구에서는 피실험자의 뇌파 분석과 후각에 의한 감성평가를 통하여 다양한 냄새의 자극을 냄새의 선호도와 비교하고자 한다.

1) 뇌파의 측정 원리: 냄새 성분이 코의 점액에 묻게 되면 용해되거나 이온화 된다. 그 뒤 후각 수용기 세포를 탈분극시키며 활동전위를 일으킨다. 이렇게 발생한 활동전위는 수용기 세포와 연접을 이룬 후세포로 전달되어 후각중추로 보내진다. 이 때, 감각기관과 중추부, 중추부와 운동기관 사이의 펄스 전달은 신경섬유를 거쳐 이루어진다. 이 때 EEG 기계를 사용하여 두피에 전극을 부착한다. 부착된 전극을 통해 뇌파의 펄스가 측정기계로 전달되고 기계는 뇌파의 주파수 별로 구분하고 뇌파의 증폭을 통하여 뇌파를 측정하게 된다.

2) 뇌파의 종류와 특징: 1875년 영국의 생리학자 R. 케이튼이 처음으로 토끼, 원숭이의 대뇌 피질에서 나온 미약한 전기활동을 검류계로 기록한 것이 뇌파의 발견이다. 1929년 독일의 정신과 의사 Hans Berger에 의해 사람의 뇌파가 처음 발견되어 뇌전도라고 하여 사람의 뇌파 연구가 시작되었다. 뇌파에 반영되는 뇌의 전기적 활동은 신경세포, 교세포, 혈뇌장벽에 의해 결정되는 데 주로 신경 세포에 의해 결정된다. 뇌파는 대뇌피질에 있는 신경세포들의 활동에 의해 대부분 결정된다. 뇌파는 복잡하게 진동하는 형태를 지니고 있어 주파수와 진폭에 따라 분류한다.

〈표 1〉 뇌파 종류 및 특징

뇌파 종류	진동수(Hz)	의식상태
델타(delta)	4Hz 미만	소아, 성인의 수면 시, 뇌종양, 뇌염, 의식장애 등 성인에서 각성 시 출현하면 병적 상태로 판단
세타(theta)	4～8Hz	아동에서 흔히 출현 경계심 감소, 좌절, 실망 등에 의한 출현 전두엽, 측두엽에서 잘나오며, 불쾌하거나 졸릴 때
알파(alpha)	8～13Hz	정상적인 각성, 안정 시 출현 후두엽, 두정엽에서 우세하게 출현 안정파라고도 한다.
베타(beta)	13～30Hz	각성, 활동상태, 정상인의 각성 시 출현 전두엽, 중심엽, 측두엽에서 비교적 잘 출현
감마(gamma)	30～50Hz	각성 상태, 과거회상 등에서 출현 출현 시 기억향상, 지능향상

2. 연구 동기

고등학생은 신체적으로 신진대사와 활동이 왕성한 시기로 몸의 분비물이 많아 땀 냄새, 발 고린내, 머리 냄새, 쉰 냄새 등의 교실냄새가 많이 난다. 실제로 체육 시간 후에는 여러 학생의 몸에서 나는 냄새로 인해 교실에서 많은 악취가 발생한다. 이러한 악취는 체육 다음 교시까지 이어져 기분을 나쁘게 할 뿐더러 수업 시간에 집중을 방해하기도하여 학습에 악영향을 미치기도 한다. 이러한 악취가 선생님들에게 주는 고통이 어느 정도인지, 부모님들은 우리에게서 나는 냄새들로 얼마나 고통을 느끼는지 궁금해졌다. 이러한 냄새로 인한 고통을 과학적으로 분석할 수 있는 방법은 없는지와 냄새 중 교실냄새와 같은 악취와 향취는 후각기관인 코와 뇌는 어떻게 다르게 반응하는지 궁금하였다.

냄새를 느끼고 반응하는 데 가장 중요한 역할을 하는 신체기관이 후각과 뇌이므로 냄새로 인한 자극을 뇌파 반응을 통해 알아보고 싶었다. 또한 선생님과 학부모님을 대상으로 설문조사를 통하여 냄새에 대해 스트레스 유무와 강도, 또 냄새에 대한 의견과 선호도 등을 조사하고, 이를 통하여 냄새에 대한 뇌파 자극과 냄새에 대한 스트레스 정도와 선호도를 비교하여 그 상관관계를 알아보고 싶었다.

3. 연구 목표

본 연구에서는 인간의 감성에 직접적인 영향과 자극을 주는 후각자극에 대한 생리신호반응을 뇌과학적으로 분석하기 위해 뇌파 생리 신호(EEG)와 설문지를 통한 불쾌도 또는 선호도와의 상관관계를 연구하고자 한다. 30～50대 여성들을 대상으로 16가지의 후각 자극에 대한 뇌파 생리 신호를 측정하였다. 또한 같은 피실험자와 현재 학교에 재직 중이신 선생님들을 대상으로 설문 조사하여 냄새에 대한 평소 생각과 냄새에 대한 선호도를 조사하였다. 후각 자극에 대한 다섯 가지 뇌파 주파수대 영역 (델타파 δ, 세타파 θ, 베타파 β, 알파파 α, 및 감마파 γ)에 대해 냄새에 대한 불쾌도 또는 선호도와의 상관관계를 해석하여 설문조사에서 나타난 냄새에 대한 선호도와 냄새의 강도를 뇌파 주파수의 크기와 양 변화를 비교하여 냄새의 자극을 뇌과학적으로 알아보고자 한다.

4. 연구 가설

(1) 냄새와 뇌파와의 관계

- 냄새 또는 향의 강도가 증가함에 따라 뇌파의 양도 증가할 것이다.
- 악취의 경우 뇌파에서 큰 변화가 일어나 스트레스 혹은 강한 자극을 줄 것이다.
- 향의 경우 뇌를 안정시키고 진정시켜 뇌파가 줄어들 것이다.

(2) 냄새와 선호도와의 관계

- 냄새에 관한 선호도는 사람마다 다를 것이다.
- 선호도에 따라 나타나는 뇌파 값이 같은 냄새이더라도 달라질 것이다.
- 악취의 경우 혐오도가 증가할수록 뇌파의 크기 또한 커질 것이다.
- 향의 경우 선호도가 증가할수록 뇌파가 안정될 것이다.

II. 탐구절차와 방법

1. 냄새인식에 대한 설문조사

일상생활에서 접할 수 있는 냄새와 학교생활에서 접하게 되는 냄새(이하 교실냄새)에 대한 인지도와 냄새로 인한 스트레스와 싫은 냄새 등에 관하여 설문 조사하였다.

1) 설문대상: 남고 재직 중인 선생님 17명과 30～60대 여성 20명을 대상으로 하였다.
2) 설문지 내용: (1) 냄새에 대한 민감도, (2) 냄새로 인한 두통 경험 유무 및 빈도, (3) 일상생활 냄새에 대한 스트레스 유무 및 빈도, (4) 교실냄새 (땀 냄새, 발 고린내, 머리 냄새, 쉰 냄새, 입 냄새)에 대한 스트레스 유무 및 빈도 등에 대해 조사하였다.
3) 설문 내용 분석:

(1) 냄새 민감도: ① 매우 둔함, ② 둔함, ③ 약간 둔함, ④ 보통, ⑤ 약간 민감, ⑥ 민감, ⑦ 매우 민감의 7점 척도로 조사하였다.

(2) 냄새로 인한 두통: ① 전혀 없음, ② 없음, ③ 약간 있음, ④ 가끔 있음, ⑤ 자주 있음의 5점 척도로 구분된 응답 결과를 ① 전혀 없음 + 없음, ② 약간 있음, ③ 가끔 있음 + 자주 있음으로 3점 척도로 단순화하여 백분율로 분석하였다.

(3) 일상생활 냄새 스트레스: ① 전혀 없음, ② 없음, ③ 약간 있음, ④ 가끔 있음, ⑤ 자주 있음의 5점 척도로 구분된 응답 결과를 ① 전혀 없음 + 없음, ② 약간 있음, ③ 가끔 있음 + 자주 있음으로 3점 척도로 단순화하여 백분율로 분석하였다.

(4) 교실 냄새 스트레스: ① 전혀 없음, ② 없음, ③ 약간 있음, ④ 가끔 있음, ⑤ 자주 있음의 5점 척도로 구분된 응답 결과를 ① 전혀 없음 + 없음, ② 약간 있음, ③ 가끔 있음 + 자주 있음으로 3점 척도로 단순화하여 백분율로 분석하였다.

(5) 냄새 스트레스를 받는 빈도: 5종의 교실냄새(땀 냄새, 발

고린내, 머리 냄새, 쉰 냄새, 입 냄새)로 인한 스트레스를 받는 빈도에 대해 1-5순위까지 응답한 결과를 1순위 5점, 2순위 4점, 3순위 3점, 4순위 2점, 5순위 1점으로 점수화하였다. 각 냄새 종류별 점수를 합산하여 총 점수에 대한 백분율로 분석하였다.

(6) 싫은 냄새 순위: 5종의 교실냄새에 대해 싫은 냄새에 대해 1-5순위까지 응답한 결과를 1순위 5점, 2순위 4점, 3순위 3점, 4순위 2점, 5순위 1점으로 점수화하였다. 각 냄새 종류별 점수를 합산하여 총 점수에 대한 백분율로 분석하였다.

2. 냄새에 대한 뇌파반응조사

교실냄새와 일반적인 냄새(향과 악취) 자극에 대한 사람들의 뇌파의 반응을 조사하기 위하여 다음과 같은 방법으로 연구를 수행하였다.

1) 피시험자: 냄새 자극에 대한 뇌파분석조사에 참여한 연구대상은 30～60대 여성 20명을 대상으로 선정하였다. 이들은 신경학 또는 정신질환 병력이나 후각 장애 또는 인지장애가 없는 정상인 중 선발하였다. 향수, 화장, 커피 등은 향이 나기 때문에 피실험자들은 당일 향수 및 화장품 사용을 금지하였고 커피 섭취를 금지하였다.

2) 냄새물질의 제조: 본 연구에서 사용된 냄새의 종류는 향물질 8종, 악취물질 6종, 및 교실냄새 4종 등 총 18종을 대상으로 하였다([그림 II-1]). 악취공정시험법에서 악취판정원 평가를 위해 사용되는 악취표준물질인 부탄올을 대표물질로 선정하였고, 농도 0.01～7.0% v/v를 사용하였다. 또 다른 악취물질로 1.0% 부틸산과 2.5% 암모니아수를 사용하였다. 향 물질로는 라벤다를 선정하였고, 0.01～10% 농도가 되도록 제조하였다. 그 외에 레몬향, 갓 볶은 커피, 복숭아향을 사용하였다. 교실냄새로는 쉰 냄새, 머리 냄새, 발 고린내, 땀 냄새를 대상으로 하였다. 각 냄새 시료들은 유리 vial에 보관하여 냄새의 휘발 및 확산을 억제하였고, 각 냄새 시료는 제조 후 일주일간 사용하였다.

[그림 II-1] 냄새 시료의 준비과정

교실냄새는 다음과 같은 방법으로 준비하였다.

① 쉰 냄새: 가정에서 사용한 걸레를 빨지 않고 물에 적셔 실온에서 하루 정도 숙성시켰다.

② 머리 냄새: 팀 구성원 중 한 명이 3일 동안 머리를 감지 않고 실험에 참가하였다.

③ 발 고린내: 냄새가 심한 신발을 발 고린내를 모사하기 위해 선정하였다.

④ 땀 냄새: 비 오는 날 운동을 하여 땀에 젖은 티셔츠를 하루 동안 37°C의 인큐베이터에 넣어 냄새를 숙성시켰다.

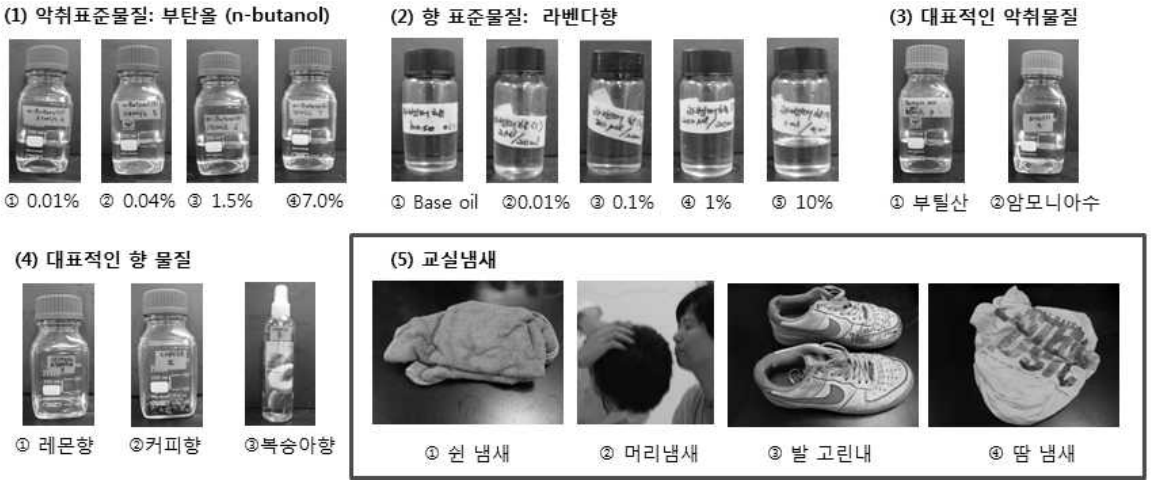
이들 교실냄새 재료들은 시험기간 동안 일정한 냄새를 유지할 수 있도록 냄새의 휘발을 방지하기 위하여 비닐봉지나 지퍼 백에 보관하였으며, 시험 시에만 꺼내어 사용하였다. 준비된 냄새시료들은 [그림 II-2]와 같다.

3) 시향지 준비: 피시험자에게 냄새를 맡게 할 시향지를 준비하였다([그림 II-3]).

4) 뇌파측정 기구 및 방법: 뇌파 측정 기구(EEG 장치)는 락사(Laxtha)사의 PolyG-I system을 사용하여 다음의 순서로 냄새에 의한 뇌파의 반응을 측정하였다.

(1) 피실험자 참가 동의 및 선호도 측정 설문지 작성: 실험을 시작하기 전에 피실험자에게 실험의 목적, 내용 및 주의사항에 대해 설명하고 실험 참가동의서를 받았다. 냄새를 맡게 한 후 그 냄새에 대한 선호도를 설문지에 표시하게 하였다.

(2) 뇌파 측정 환경: 뇌파 측정은 소음이 차단되고 환기 장치가 있는 22~23 °C로 유지되는 공간에서 수행하였고, 한



[그림 Ⅱ-2] 준비된 냄새 시료들

■ 거름종이를 이용한 시향지 만들기

[그림 Ⅱ-3] 시향지 만드는 과정

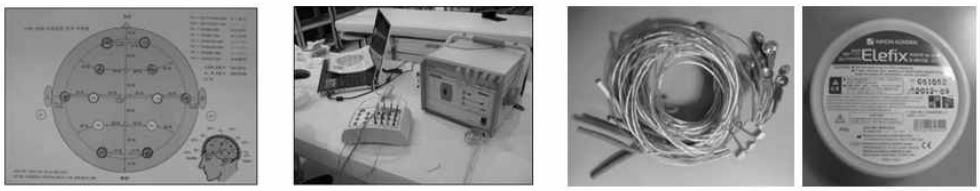
종류의 냄새에 대한 뇌파 측정 후에는 충분한 환기를 시켜 다음 냄새 시료에 대한 영향을 최소화시켰다.

(3) 뇌파/심전도 측정 센서 부착 및 뇌파측정 준비:

① 뇌파 측정 부위 및 센서(접시 전극) 부착: 뇌파 측정 부위는 [그림 II-4]와 같이 전전두엽, 전두엽, 측두엽, 후두엽의 좌우에 각각 1곳씩 총 8곳을 대상으로 하였다. 전극은 고체형 전극풀을 사용하여 지정된 위치에 부착하였다.

■ 냄새자극에 대한 뇌파 측정

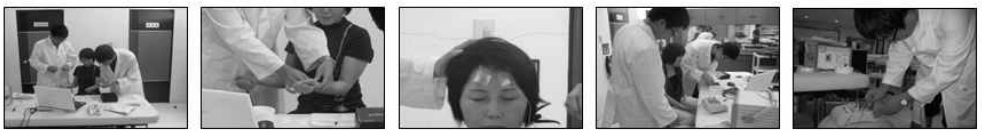
(1) 뇌파측정부위, 뇌파측정장치(EEG), 뇌파측정 센서



[뇌파측정 센서의 부착 위치] [EEG 장치] [뇌파측정센서와 부착젤]

(2) 뇌파측정을 위한 센서전극 부착과정

① 심전도 측정 센서의 부착 ② 뇌파 측정 센서 부착 및 EEG 장치에 센서 연결



[그림 Ⅱ-4] 뇌파 측정부위와 뇌파 수집 장치, 뇌파 측정센서의 부착과정

귀 뒷부분에는 접지용 접시 전극을 좌우에 부착하였다 (왼쪽 귀 뒤: 검정색 접시 전극, 오른쪽 귀 뒤: 갈색 접시 전극). 손목 안쪽 좌우에 심전도 측정을 위해 심전도 측정 센서를 부착하였다.

② EEG 장치 연결: 뇌파 측정 센서를 EEG 장치에 색깔이 맞는 코드에 맞춰 끼우고, EEG 장치를 컴퓨터에 연결하였다. 컴퓨터에서 Telescan (뇌파 측정 및 분석 프로그램)을 이용하여 뇌파가 정상적으로 측정되는지 여부를 확인하고, 비정상적인 잡파가 유입될 경우 센서 부착상태를 점검하는 과정을 거친 후 뇌파를 측정하였다.

(4) 바탕 뇌파 측정: 피실험자가 실험실 환경에 익숙해지고 마음이 안정된 상태에서 눈을 감고 1분간 향이 없는(무향) 상태에서 뇌파를 측정해 이를 바탕뇌파로 사용하였다.

(5) 냄새별 뇌파 측정:

① 냄새 측정 시 조건

(ㄱ) 시료의 순서는 무작위 순을 하여 제시 순서에 따른 오차를 줄였다.

(ㄴ) 냄새의 확산을 막기 위해 실험자는 밀실에서 냄새 샘플을 준비하였다([그림 II-5]).

(ㄷ) 측정 도중 내외부 소음이 발생되면 다시 측정하였다.

(ㄹ) 후각이 피로해지는 것을 막기 위해 1회 측정 후 약 5분간 휴식을 취하도록 하였다.

(ㅁ) 한 번 측정 시 피실험자 2명이 뇌파 측정 센서를 착용한 상태에서 번갈아 가면서 측정을 해 측정의 효율성을 늘리고 코의 마비를 풀어주었다.

② 뇌파 측정 방법: 다음과 같은 방법으로 30초 동안 뇌파 자료를 수집하였다.

(ㄱ) 피실험자가 눈을 감고 마음이 안정화된 것을 모니터에 나타나는 뇌파신호로 확인한 후 뇌파 측정을 시작하였다. 처음 10초간 동안은 마음이 안정된 상태에서 아무런 자극 없이 앉아있게 하면서 측정하였다

(ㄴ) 약 10초 지난 후 자극원인 냄새물질을 묻힌 시향지나 냄새물질이 든 용기 또는 교실냄새 시료를 코로부터 3cm 정도 떨어진 곳에 대고 3초간 냄새를 맡게 했다.

(ㄷ) 냄새를 맡게 한 후 20초 동안 뇌파의 변화를 측정하였다.

(ㄹ) 냄새를 맡은 피실험자는 맡은 냄새에 대한 평가를 설문지에 작성하도록 했다.

(6) 뇌파 측정 자료 분석: 각 냄새에 대해 피시험자들로부터 대상으로 수집한 뇌파 데이터를 TeleScan™(Ver.2.99)프로그램을 이용하여 분석했다. 이 프로그램을 이용한 뇌파의 측정방법과 뇌파 데이터의 분석 방법에 대해서는 EEG 기기 및 프로그램 개발업체인 Laxtha 사로부터 기술 교육과 세미나 참석 및 실습을 통해 습득하였으며

[그림 II-5] 뇌파측정을 위한 냄새물질 준비과정과 뇌파반응 측정

([그림 II-6]), 대학 연구실에서 분석과정에서 도움을 받았다. 뇌파의 분석은 0～129Hz까지 분석하였다. 절대 뇌파 파워값(μV^2)으로 델타파(AD = 0～4Hz), 세타파(AT = 4～8Hz), 알파파(AA = 8～13Hz), 베타파(AB = 13～30Hz), 및 감마파(AG = 30～50Hz)를 분석하였고, 각 뇌파별 상대비율은 수면상태의 뇌파인 델타파를 제외한 후 분석하였다. 각 상대 뇌파비율로 상대 세타파(RT = 4～8Hz/4～50Hz), 상대 알파파(AA = 8～13Hz/4～50Hz), 상대 베타파(AB = 13～30Hz/4～50Hz), 및 상대 감마파(AG = 30～50Hz/4～50Hz)를 분석하였다. 또한 뇌의 각성 정도를 나타내는 지표 중 하나인 SEF50(총 뇌파값(4～50Hz)중 50%에 해당하는 주파수(Hz))를 분석하였다.

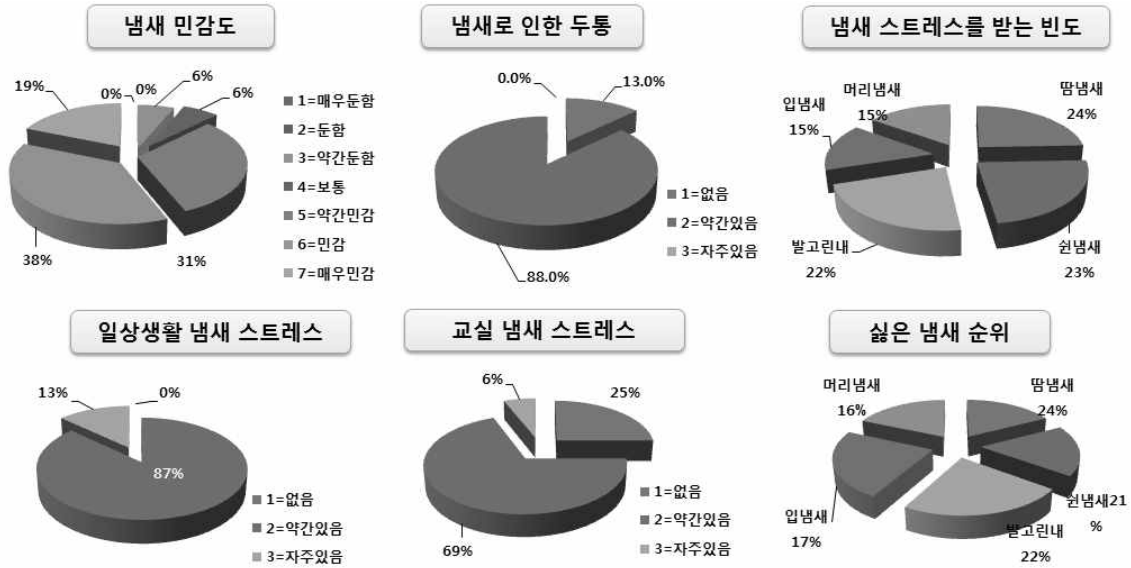
[그림 II-6] 뇌파 측정 및 데이타 해석방법에 대한 기술 세미나

III. 결과 및 고찰

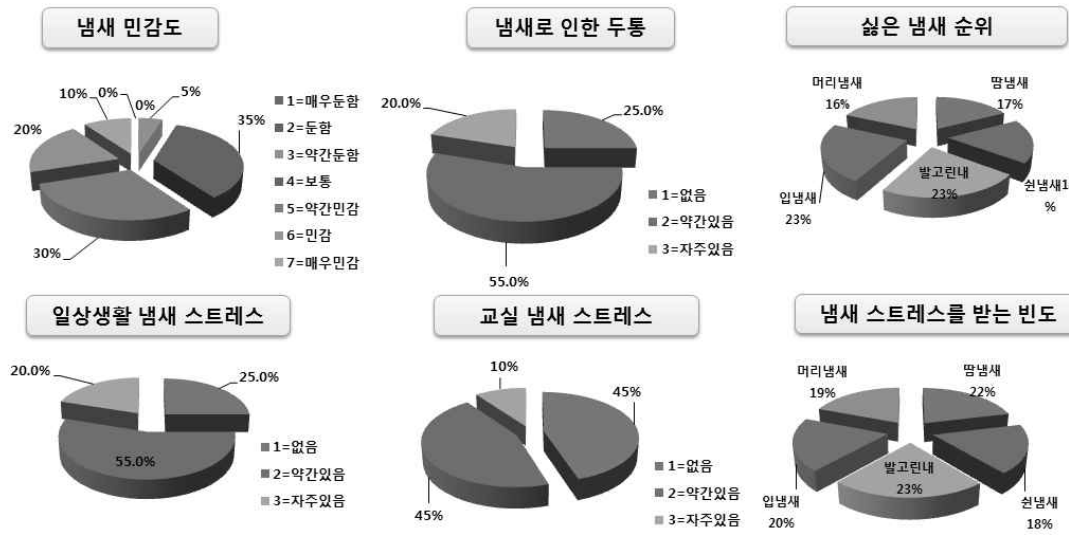
1. 냄새인식에 대한 설문 결과

1) 남자고등학교 재직 선생님 대상 설문 결과

남고 선생님을 대상으로 설문 조사를 한 결과 냄새에 대해 민감하다고 대답한 비율이 88%로 대부분의 선생님이 냄새에 대해서 민감하다고 답변하였다([그림 III-1]). 냄새로 인한 두통 경험과 빈도에 대해 대답한 비율이 88%로 대부분의 선생님이 평소에 냄새에 의해 두통을 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 일상생활 냄새에 대한 스트레스 경험을 대답한 비율이 100%로 모든 선생님이 일상생활의 냄새에 의해 스트레스를 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 교실냄새에 대한 스트레스 유무 및 빈도에 대해 긍정적으로 대답한 비율이 75%로 대부분의 선생님이 교실의 냄새에 의해 스트레스를 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 냄새 스트레스를 받는 빈도와 싫은 냄새 순위는 '땀 냄새', '쉰 냄새', '발 고린내'에 대해 높았다. 이와 같이 평상시에 선생님들에게 스트레스를 많이 주는 냄새의 종류와 선생님들이 싫어하는 냄새의 종류가 거의 일치함을 알 수 있었다.



[그림 III-1] 남자고등학교 재직 선생님들의 설문조사 결과



[그림 III-2] 학부모님들의 설문조사 결과

2) 학부모님 대상 설문 결과

학부모님을 대상으로 설문 조사를 한 결과 냄새에 대해 민감하다고 긍정적으로 대답한 비율이 60%였다([그림 III-2]). 냄새로 인한 두통 경험 및 빈도에 대해 응답 비율이 75%로 대부분의 학부모님들이 평소에 냄새에 의해 두통을 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 일상생활 냄새에 대한 스트레스 유무 및 빈도에 대해 긍정적으로 대답한 비율이 85%로 대부분의 학부모님들이 일상생활의 냄새에 의해 스트레스를 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 교실냄새에 대한 스트레스 유무 및 빈도에 대해 긍정적으로 대답한 비율이 55%로 절반 이상의 학부모님이 교실의 냄새에 의해 스트레스를 겪은 경험이 있다고 응답하였다. 냄새 스트레스를 받는 빈도와 싫은 냄새 순위는 '입 냄새'와 '발 고린내'가 높았다.

3) 선생님과 학부모님의 설문조사 결과 비교 분석

냄새에 대한 민감도 인식 차이에서는 선생님들은 88%, 학부모님들은 60%가 본인이 냄새에 대해서 민감하다고 응답하여 학부모님에 비해 선생님들이 냄새에 대해서 더 민감하다고 인식하고 있음을 알 수 있었다. 냄새에 대한 두통 경험 및 빈도에 대해서는 선생님들은 87%, 학부모님들은 75%가 두통 경험이 있다고 답변을 하였다. 이는 학부모님보다는 선생님들이 두통을 야기하는 냄새에 더 많이 노출되었거나 냄새에 대해서 더 민감하기 때문으로 생각된다. 그런데 일상생활 냄새에 대한 스트레스는 선생님(100%)이 학부모님(85%) 보다도 냄새에 대한 스트레스가 심한 것으로 조사되었다.

땀 냄새, 머리 냄새, 발 고린내, 쉰 냄새(입 냄새 등)와 같은 교실에서 날 수 있는 냄새에 대한 스트레스는 학부모는 55%에 불과 하였으나 선생님의 경우는 75%로 매우 높았다. 이는 설문조사를 한 선생님들이 남자고등학교에 재직 중인 선생님으로 이러한 교실 냄새에 많이 노출되기 때문으로 생각된다. 가장 스트레스를 많이 주면서 가장 싫어하는 냄새는 선생님의 경우 땀 냄새와 발 고린내였고, 학부모님의 경우는 발 고린내와 입 냄새였다. 이러한 차이는 학부모와 선생님이 청소년들을 접하는 환경의 차이가 있기 때문으로 생각된다. 이러한 결과는 학부모님의 경우에는 청소년 자녀와 매일 가까이 접촉하는 반면 선생님의 경우에는 운동 직후 혹은 환기가 되지 않는 교실에서 많은 수의 학생과 접하기 때문에 이러한 차이를 야기시킨다고 생각된다.

2. 냄새에 대한 뇌파반응

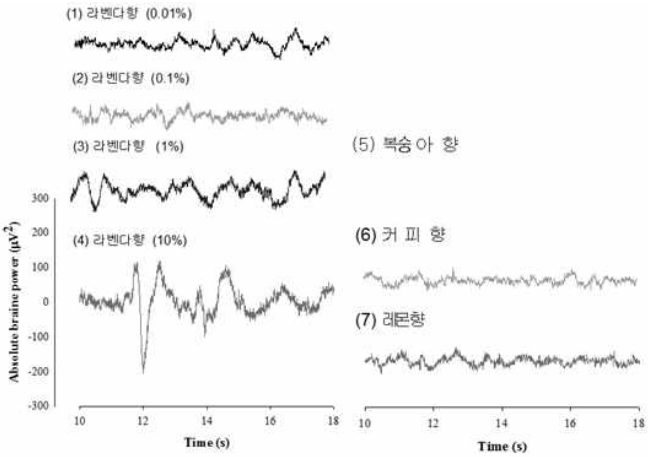
1) 냄새 자극에 대한 뇌파 패턴

각 냄새 종류 별 대표적인 뇌파 패턴을 [그림 III-3～III-4]에 제시하였다. 대표적인 향 물질인 라벤다향의 뇌파 패턴은

0.01%～1% 농도 범위에서 진폭의 크기가 크지 않았으나 10%의 높은 농도에서는 냄새를 맡은 후(10초) 2초 경과 후에 상대적으로 큰 진폭이 관찰되었다(그림 III-3). 향의 경우 농도가 증가함에 따라 뇌파의 진폭이 커진다는 것을 알 수 있었다. 향 물질 4종류(라벤다향, 복숭아향, 커피향, 레몬향)의 뇌파 패턴은 자극이 가해진 후에도 뇌파의 진폭에 큰 변화가 없었다.

대표적인 악취 지표 물질인 부탄올의 뇌파 패턴은 0.01%～-0.15% 농도 범위에서 진폭의 크기가 크지 않아 보였지만 7%의 높은 농도에서는 고농도의 라벤다향과 마찬가지로 냄새를 맡은 후(10초) 2초 경과 후에 약 3초 동안 매우 큰 진폭이 관찰되었다(그림 III-4). 다른 악취 물질들에서도 유사한 현상이 관찰되었는데, 부틸산 1%와 암모니아 2.5%의 경우 냄새를 맡은 후 1.5～4초 동안 진폭의 변화가 있었다. 교실냄새의 경우 땀 냄새와 머리 냄새의 경우 냄새 자극에 의한 진폭의 변화가 크지 않았지만 쉰 냄새와 발 고린내의 경우 큰 진폭의 변화가 관찰되었다.

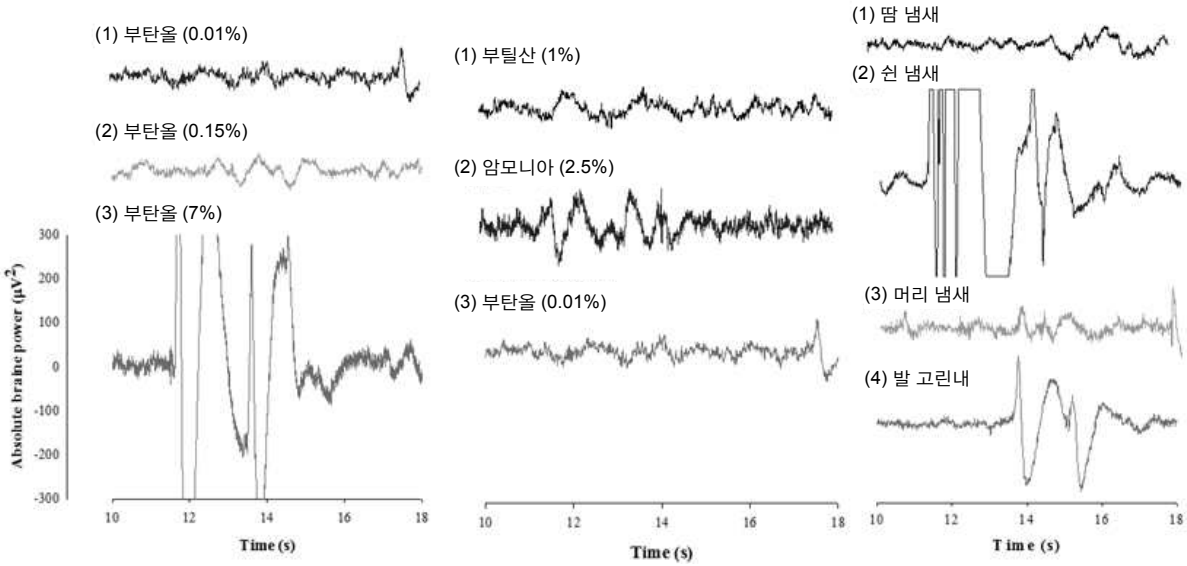
이상의 결과로부터 냄새 자극 후 뇌의 반응은 수초의 반응 지연이 있음을 알 수 있었고 냄새 강도가 증가함에 따라 뇌파의 진폭이 증가하는 것을 알 수 있었다. 향 물질의 경우 뇌파의 진폭이 상대적으로 크지 않음을 알 수 있었고, 반면에 악취 물질의 경우 진폭이 상대적으로 큰 것을 알 수 있다.



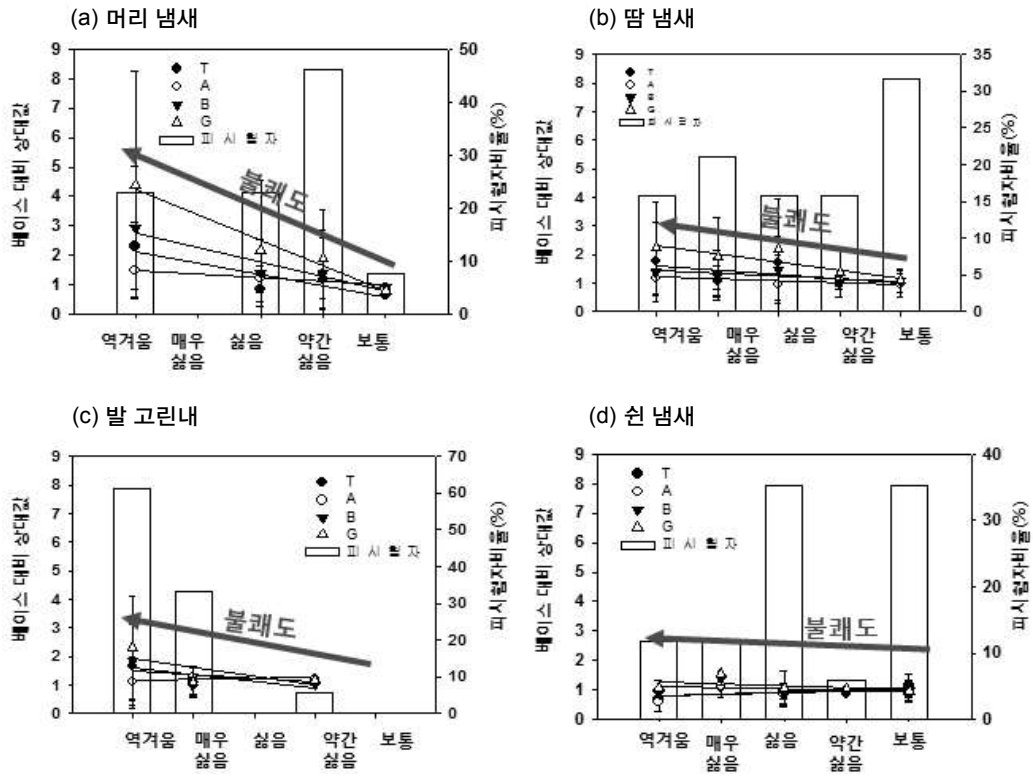
[그림 III-3] 향물질의 뇌파 패턴

2) 교실냄새 뇌파 반응 특성

(1) 교실 냄새 종류별 혐오도와 뇌파 영역대별 뇌파 값의 상관관계: 교실 냄새 종류 별로 그 냄새에 대한 선호도와 뇌파 종류와의 상관관계를 분석하였다([그림 III-5]). 냄새를 맡지 않을 때 측정한 바탕뇌파의 영역대별(세타(T), 알파(A), 베타(B), 감마(G)) 절대값 대비 냄새를 맡았을 때의 각 뇌파 영역대별 상대값을 다음의 식으로 계산하였다.



[그림 III-4] 악취 및 교실냄새의 뇌파 패턴



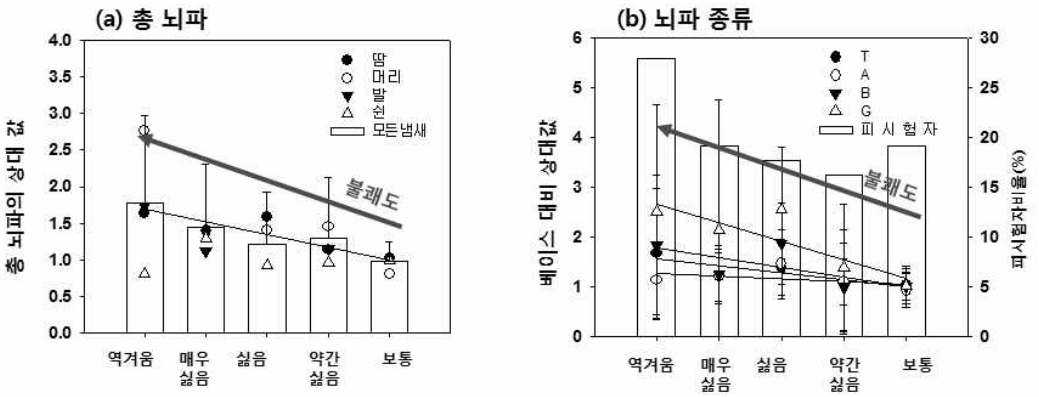
[그림 III-5] 교실냄새 종류별 혐오도와 뇌파종류와의 상관관계

$$\text{바탕 뇌파 대비 상대값} = \frac{\text{냄새를 맡았을 때 뇌파 영역대별 절대값}}{\text{바탕 뇌파의 영역대별 절대값}} \quad \text{(식 1)}$$

냄새 선호도의 피실험자 비율은 전체 피실험자 수에 대한 백분율로 표시하였다.

머리 냄새의 경우([그림 III-5]) 혐오도가 증가할수록 세타, 알파, 베타, 감마의 상대값이 증가하였고, 특히 감마파의 상대값이 약 4배까지 증가함을 알 수 있었다. 땀 냄새와 발 고린내의 경우도 머리 냄새와 유사한 경향을 보였다. 머리 냄새의 경우 피실험자가 역겹다고 느꼈을 때 감마값이 4배 이상 증가하였고, 발 고린내의 경우도 2배 이상 증가하였다. 그런데 쉰 냄새의 경우는 다른 3 종류의 냄새에서 보였던 뇌파의 상대값이 크게 증가하는 경향은 보이지 않았다. 전체적으로 불쾌도에 대한 뇌반응의 민감도는 머리 냄새 > 땀 냄새 > 발 고린내 > 쉰 냄새 순이었다.

(2) 교실냄새 혐오도와 총 뇌파값의 상관관계: 4종의 교실냄새의 데이터 값을 종합하여 교실냄새 불쾌도와 뇌파 종류와의 상관관계를 [그림 III-6]에 제시하였다. 냄새에 대한 불쾌도가 클수록 총 뇌파 값이 증가하였다. 보통의 반응을 보인 경우 총 뇌파 변화량이 미미한 것과 비교하여 역겹다는 반응을 보인 경우 총 뇌파값이 평균 약 1.7배 증가하였다. 알파파는 혐오도가 증가하여도 바탕 뇌파값과 거의 유사하였다(바탕뇌파 대비 상대값 1 전후). 세타파는 혐오도가 증가할수록 약간 증가하였고(바탕뇌파 대비 상대값 1.5 전후), 베타파 (바탕뇌파 대비 상대값 1.8 전후)와 감마파(바탕뇌파 대비 상대값 2.5 전후)는 혐오도가 증가할수록 뚜렷하게 증가하였다. 이상의 결과로부터 불쾌감을 야기하는 네 종의 교실 냄새에 의해 총 뇌파 값이 증가되고 특히 베타파와 감마파의 뇌파 값이 뚜렷하게 증가함을 알 수 있었다.

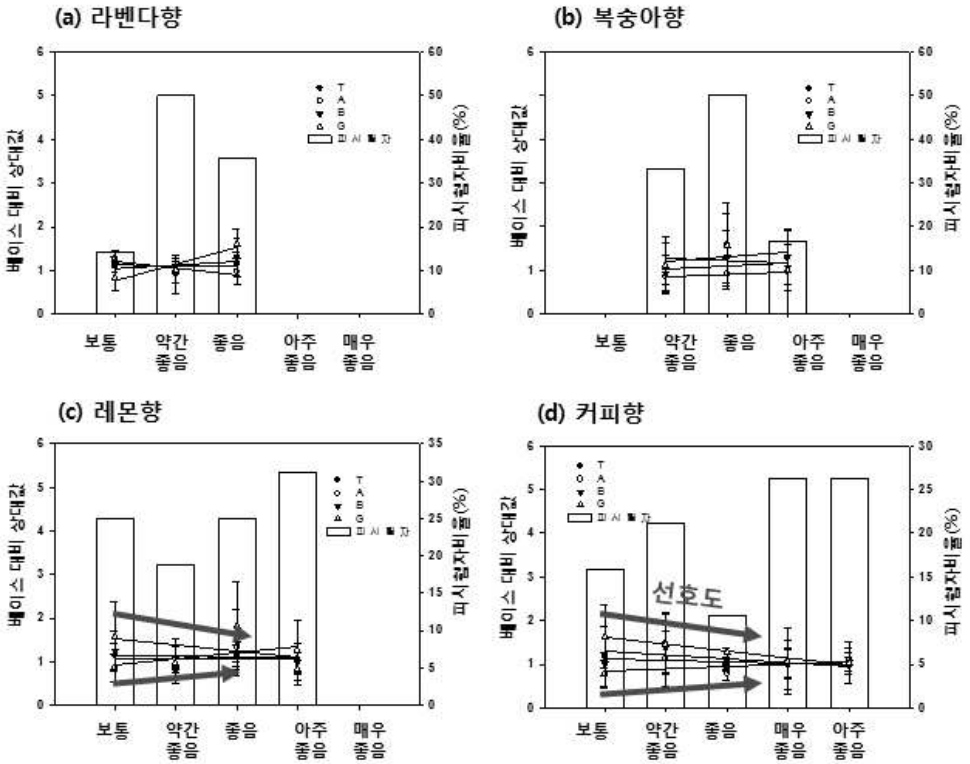


[그림 Ⅲ-6] 교실 냄새 혐오도와 총 뇌파값의 상관관계

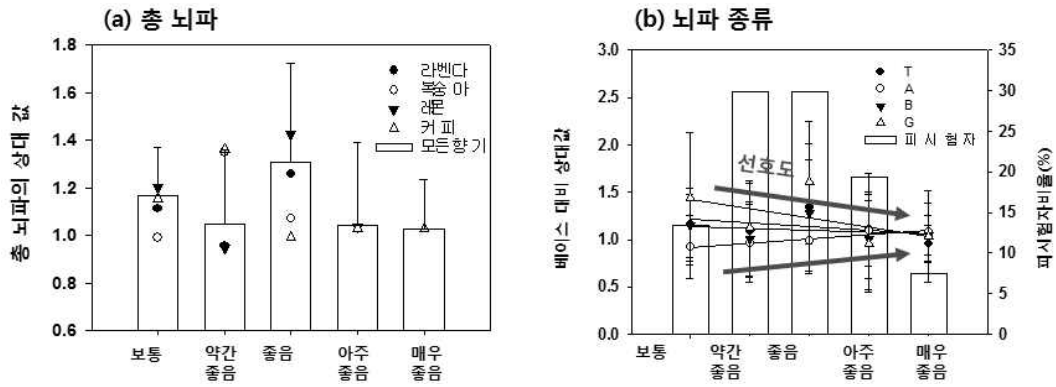
3) 향취 뇌파 반응 특성

(1) 향취 종류별 선호도와 뇌파 종류와의 상관관계: 라벤다향, 복숭아향, 레몬향, 커피향과 같은 향취 종류 별로 피실험자가 냄새를 맡고 난 다음에 그 냄새에 대한 선호도와 뇌파 종류와의 상관관계를 교실냄새와 동일한 방법으로 해석하였다([그림 III-7]).

라벤다향의 경우([그림 III-7]) 선호도가 증가할수록(보통 → 매우 좋음) 감마의 상대값이 증가하는 경향이 보였으나, 복숭아향과 거의 유사하게 4종의 뇌파 모두 바탕뇌파와 유사한 값을 보였다. 그러나 레몬향과 커피향은 선호도가 증가할수록 감마



[그림 Ⅲ-7] 향취 종류별 선호도와 뇌파종류와의 상관관계



[그림 III-8] 향취 선호도와 총 뇌파값 및 뇌파 종류별 상관관계

파가 감소하고 알파파가 증가하였다. 향취는 불쾌취와 비교하여 뇌파의 상대적 변화량이 미미하였다.

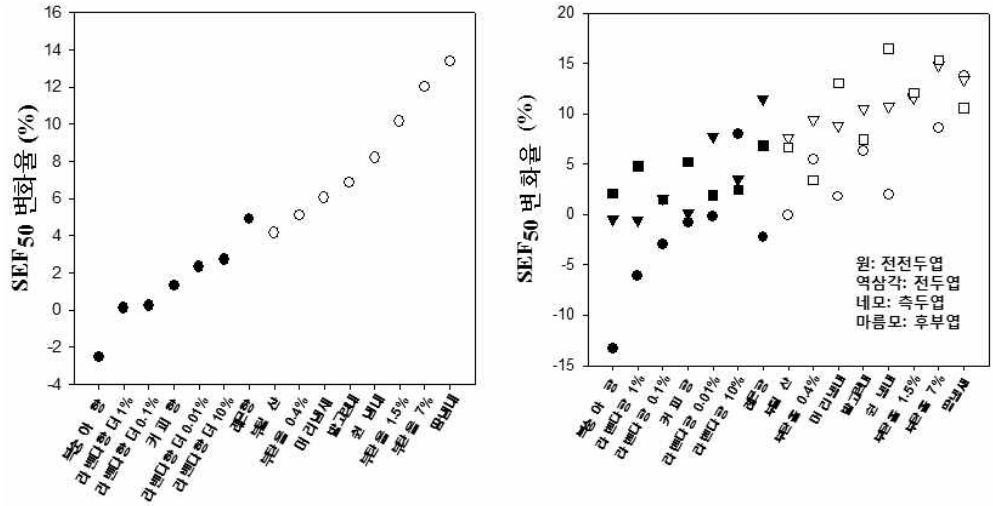
(2) 향취 선호도와 총 뇌파값의 상관관계: 향취 선호도와 총 뇌파값의 상관관계를 [그림 III-8]에 제시하였다. 선호도가 좋음인 경우 바탕 뇌파값에 비해 약 1.4배 증가하였지만 아주 좋음과 매우 좋음의 경우 총 뇌파값은 바탕 뇌파 값(바탕뇌파)과 거의 유사하였다. 향취에 대한 선호도가 높을수록 알파파가 약간 증가하는 경향을 보였고, 베타파, 감마파, 세타파는 선호도가 증가할수록 약간 감소하여 바탕 뇌파값(1)에 가까워지는 경향을 보였다.

4) 냄새 종류별 SEF50 값 비교

뇌의 각성 정도를 나타내는 지표 중 하나인 SEF50 (=총 뇌파값(4～50Hz)중 50%에 해당하는 주파수(Hz))는 냄새 종류별로 피실험자가 냄새를 맡기 전과 후의 SEF50 값의 변화를 다음의 식을 이용해서 계산하였다.

$$\text{SEF50 변화율 (\%)} = \frac{(\text{SEF50})_{\text{냄새시료}} - (\text{SEF50})_{\text{바탕값}}}{(\text{SEF50})_{\text{바탕값}}} \times 100 \quad \text{(식 2)}$$

냄새 종류 별로 피실험자가 냄새를 맡고 난 다음에 그 냄새에 대한 SEF50 변화율을 뇌파 부위와의 상관관계를 해석하였다([그림 III-9]). 부위별 뇌파 측정값을 종합 분석한 뇌 전체에



[그림 III-9] 냄새 종류별 SEF50 변화율 비교

서의 평균 SEF50 변화율 경향은 불쾌취와 향취는 확연히 구분되었다. 향취의 경우 SEF50 변화율이 -3%～5%의 범위 내에서 적은 변화를 보인 반면에 불쾌취의 경우 SEF50 변화율이 4%～14% 범위 내에서 상대적으로 크게 증가하는 경향을 보였다. 각 뇌파 측정 부위별 SEF50 변화율도 뇌 전체 평균 SEF50 변화율 경향과 동일하게 향취의 SEF50 변화율은 작고 불쾌취의 SEF50 변화율은 컸다. 뇌 부위별 SEF50 변화율을 비교해 보면 전전두부에서는 SEF50 변화율이 상대적으로 적었고 측두엽에서의 변화율이 가장 컸다.

5) 냄새 종류별 상대 뇌파값 변화율 비교

다음의 식을 이용하여 냄새 종류별 상대 뇌파값 변화율을 비교하였다.

$$(\mathrm{RT}+\mathrm{RA})\ \text{변화율}(\%) = \frac{(\mathrm{RT}+\mathrm{RA})_{\text{냄새시료}} - (\mathrm{RT}+\mathrm{RA})_{\text{바탕값}}}{(\mathrm{RT}+\mathrm{RA})_{\text{바탕값}}} \times 100$$

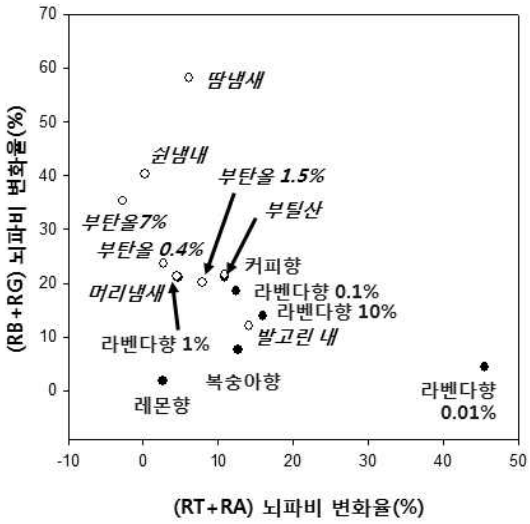
(식 3)

$$(\mathrm{RB}+\mathrm{RG})\ \text{변화율}(\%) = \frac{(\mathrm{RB}+\mathrm{RG})_{\text{냄새시료}} - (\mathrm{RB}+\mathrm{RG})_{\text{바탕값}}}{(\mathrm{RB}+\mathrm{RG})_{\text{바탕값}}} \times 100$$

(식 4)

RT(상대 세타파)+RA(상대 알파파)는 낮은 주파수 뇌파로 심리적인 안정 및 이완을 나타내는 지표로 이용되고, RB(상대 베타파)+RG(상대 감마파)는 높은 주파수 뇌파로 심리적인 각성을 나타내는 지표로 이용된다. 본 연구에서 사용한 냄새 종류별 (RT+RA) 뇌파비 변화율과 (RB+RG) 뇌파비 변화율 사이의 상관관계를 [그림 III-10]에 제시하였다. 0.01% 라벤다향은 (RT+RA) 뇌파비 변화율을 크게 증가시킴에 반해 (RB+RG) 뇌파비 변화율을 약간 증가시켰다. 레몬향의 경우는 (RT+RA) 뇌파비와 (RB+RG) 뇌파비를 거의 변화시키지 않았다. 대표적인 교실냄새인 땀 냄새, 쉰 냄새 및 머리 냄새는 (RB+RG) 뇌파비를 20% 이상 증가 시켰으나, (RT+RA) 뇌파비는 거의 변화시키지 않았다.

향취의 낮은 SEF50 변화율과 뇌파비 변화율 패턴은 향취는 뇌를 각성시키기보다는 뇌를 안정화시키는 기능을 한다는 것을 의미한다. 일반적으로 아로마향은 알파파를 증가시켜 심리적으로 안정화시키는 기능을 하는 것으로 알려져 있는데 본 연구결과에서도 라벤다향, 복숭아향, 레몬향 및 커피향은 이러한 기능을 하는 것으로 확인되었다. 한편 높은 SEF50 변화율과 높은 (RB+RG) 뇌파비 변화율 패턴을 보이는 불쾌취는 뇌를 안정 상태에서 각성상태로 변화시켜 심리적으로 불안감을 조성할 수 있음을 의미한다. 또한 이러한 결과는 불쾌취인 교실냄새에 의해 감마파와 베타파가 증가한 앞의 결과와 일치한다([그림 III-5], [그림 III-6]).



[그림 III-10] 교실냄새의 뇌파 패턴

영국 런던대학의 비타쟈르야 박사는 알파파가 많이 나타나고 감마파가 적게 나타나는 실험자들은 문제해결능력이 우수하였지만 알파파가 적고 감마파가 활발한 사람들은 문제해결능력이 저하되는 것을 밝혔다. 베타파와 감마파의 증가는 극도로 긴장한 상태와 흥분된 상태를 나타내는 것으로 불쾌취가 이러한 특징들을 가지고 있다. 따라서 남자고등학교 교실에서 나는 냄새는 학생 자신들과 선생님들에게도 불쾌감뿐만 아니라 심리적으로도 스트레스를 주고 불안감을 조성하고 수업 집중력을 떨어뜨려 학습 효율 저해를 가져 올 수도 있음을 알 수 있었다. 그러므로 앞으로 우리 교실에서 가능한 냄새가 나지 않도록 신체적 청결을 유지하고, 교실 환기를 자주 하는 노력이 필요하다.

IV. 결론

1. 냄새에 대한 설문 조사

남자 고등학교 재직 선생님 17명과 30대에서 60대 여성 20명을 대상으로 냄새에 대한 설문 조사 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 냄새에 대한 민감도 인식 차이에서는 학부모님에 비해 선생님들이 냄새에 대해서 더 민감하다고 인식하고 있었다. 또한 냄새에 대한 두통 경험 및 빈도에 대해서는 학부모님보다는 선생님들이 더 많았다.

(2) 일상생활 냄새에 대한 스트레스는 선생님이 학부모님보다 냄새로 인한 스트레스를 많이 겪고 있으며 교실에서 날 수 있는 냄새에 대한 스트레스는 선생님이 더 높았다. 이는 설문조사를 한 선생님들이 남자 고등학교에 재직 중인 선생님으로 이러한 교실 냄새에 많이 노출되기 때문이다.

(3) 가장 스트레스를 많이 주면서 가장 싫어하는 냄새는 선생님의 경우 땀 냄새와 발 고린내였고, 학부모님의 경우는 발 고린내와 입 냄새였다. 이러한 차이는 학부모와 선생님이 청소년들을 접하는 환경의 차이가 있기 때문으로 생각된다.

2. 냄새에 대한 뇌파 반응

30대에서 60대 여성 20명을 대상으로 대표적인 교실냄새 4종(땀 냄새, 쉰 냄새, 발 고린내, 머리 냄새), 향취(레몬향, 커피향, 라벤다향, 복숭아향) 및 악취(부틸산, 부탄올)에 대한 뇌파 반응 및 후각에 의한 감성평가를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 냄새 강도가 증가함에 따라 뇌파의 진폭이 증가하였고, 향물질은 뇌파의 진폭이 상대적으로 크지 않았으나 악취물질은 진폭이 상대적으로 컸다.

(2) 4종의 교실 냄새에 대해 불쾌감이 증가할수록 총 뇌파 값이 증가하였고, 특히 베타파와 감마파의 뇌파 값이 뚜렷하게 증가하였다. 전체적으로 불쾌도에 대한 뇌반응의 민감도는 머리 냄새 > 땀 냄새 > 발 고린내 > 쉰 냄새 순이었다.

(3) 쾌감을 야기하는 네 종의 향취에 의해 선호도와 무관하게 총 뇌파 값이 0.9～1.4배 정도 증가하였다. 또한 향취에 의해 알파파는 약간 증가하고 세타파, 베타파와 감마파는 약간 감소하였다.

(4) 향취는 심리적 안정 및 이완을 나타내는 지표인 RT(상대 세타파)+RA(상대 알파파) 뇌파비 변화율을 증가시키고 교실냄새를 포함하는 불쾌취는 심리적인 각성을 나타내는 지표인 RB(상대 베타파)+RG(상대 감마파) 뇌파비 변화율을 증가시켰다.

(5) 낮은 SEF50 변화율과 낮은 (RB+RG) 뇌파비 변화율 패턴을 보인 라벤다향, 복숭아향, 레몬향 및 커피향 등의 향취는 뇌를 각성시키기 보다는 뇌를 안정화시켜 심리적인 안정감을 가져오는 기능을 할 수 있음을 의미한다.

(6) 높은 SEF50 변화율과 높은 (RB+RG) 뇌파비 변화율 패턴을 보이는 교실냄새와 같은 불쾌취는 뇌를 안정 상태에서 스트레스를 받는 극도의 긴장 및 흥분 상태로 변화시켜 심리적으로 불안감을 조성할 수 있음을 의미한다.

(7) 본 연구를 통해 남고 교실에서 나는 냄새는 학생 자신들과 선생님들에게도 불쾌감과 심리적으로 스트레스를 주고 불안감을 조성하고 수업 집중력을 떨어뜨려 학습 효율 저해를 가져 올 수도 있음을 알 수 있었다. 그러므로 교실에서 가능한 냄새가 나지 않도록 신체적 청결을 유지하고, 교실 환기를 자주 하는 노력이 필요하다.

V. 감사의 말씀 및 탐구 소감

본 연구는 숭실대학교 화학공학과 생명과학연구실과 김민경 박사님, 락사(Laxtha)사의 김기성 연구원님의 도움을 받아 진행 할 수 있었으며, 이 분들의 도움에 깊이 감사드린다. 김민

경 박사님은 뇌파를 측정하는 방법에 대해 자세하게 설명해 주셨고 김기성 연구원님은 측정한 뇌파를 이용하여 프로그램을 이용하여 분석하는 방법을 알려 주셨다. 또한 설문지 조사에 친절히 응답해 주신 서울고등학교 선생님들께 감사드린다. 비가 오는 궂은 날씨에도 불구하고 몇 시간 동안 때로는 역겨운 냄새를 맡으면서 뇌파검사와 후각 감성 평가를 해 주신 피시험자분들(학부모님과 지인들)께 깊이 감사드린다.

이번 탐구를 통해서 뇌과학에 대해 전반적으로 이해할 수 있었다. 기본적인 뇌파에 관한 지식에서부터 뇌파를 측정하는 방법, 측정한 뇌파를 이용하여 프로그램을 짜고 프로그램을 이용하여 원하는 뇌파 데이터를 뽑아내는 방법에 대해 배웠다. 또한 이번 탐구에서 우리는 악취가 단지 기분이 나쁜 것을 넘어서 실제로 뇌파에 영향을 미쳐서 스트레스와 불안감을 조성한다는 것을 알아 평소에 악취가 나지 않기 위해 청결을 유지하고 교실 환기를 잘 하도록 해야 한다는 것을 느꼈다.

본 연구를 수행한 팀원들의 역할은 다음과 같다.

(1) 류현(팀장): 시약 제조, 냄새 제조, 설문지 작성, 선생님들 설문지 조사, 뇌파측정, 뇌파측정 프로그램 작성 및 적용, 뇌파 측정 데이터 해석, 탐구 보고서 작성

(2) 고우형: 시약 제조, 냄새 제조, 설문지 작성, 선생님들 설문지 조사, 탐구활동일지 작성, 뇌파측정, 탐구 보고서 작성

(3) 김정우: 시약 제조, 냄새 제조, 설문지 작성, 뇌파측정, 선생님들 설문지 조사, 탐구 활동 일지 작성, 탐구 보고서 작성

이번 연구에서 20명의 피실험자로 실험을 진행하였지만 더욱 더 정확한 값을 얻기 위해서는 더 많은 사람의 데이터가 필요하다고 생각한다. 또한 냄새 종류를 더 다양하게 하고 냄새의 농도를 정확하게 정하고, 냄새를 맡는 양이나 시간 등을 정확하게 한다면 더 명확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다. 그리고 다양한 방법으로 뇌파를 해석할 수 있는 방법을 좀 더 익힐 수 있었다면 본 연구 결과를 좀 더 심도 있게 해석할 수 있지 않았을까 하는 아쉬움과 미련이 남는다. 앞으로 냄새 자극에 관한 뇌파 반응 실험 방법에 대해 더 체계적이고 더 정확하게 측정하는 방법을 연구해 보았으면 한다.

참고문헌

www.causeof.org: The Cause of Internet and TV Addiction

http://blog.naver.com/k2219182/10057390264. 창의성의 뇌파는 알파파 많고, 감마파가 적어야 한다구??

http://www.brainwavesblog.com/tag/alpha-brainwaves: Alpha Brain Waves Information. Article by Brain Waves Jr. under alpha brainwaves, Brain Waves

아로마 향을 이용한 후각자극이 학습효과에 미치는 뇌파에 관한 연구, 권상철, 유병승 (50회 전국과학전람회, 2004. 7)

민병찬, 서한석, 이진숙. 냄새 강도에 따른 후각 감성 변화. Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, 30; 13-20 (2007).

Hyoung Rae Son, Tae Hwan Ahn, Seong Won Yoon, and Hye Jin Choi, Objective Olfactory Function Test Through Analysis of Human Q-EEG Changes. Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg. 44; 621-627 (2001).