

학원시설 실내공기질과 이용자의 자각증상에 관한 연구

정경식 · 김남수 · 이종대* · 황보영 · 손부순* · 이병국†

순천향대학교 환경산업의학연구소, *순천향대학교 환경보건학과
(2009. 10. 18. 접수/2009. 11. 20. 수정/2009. 12. 6. 채택)

The Association of Subjective Symptoms of Students and Indoor Air Quality in Private Academic Facilities

Kyung-Sick Jung · Nam-Soo Kim · Jong-Dae Lee* · Young Hwangbo ·

Bu-Soon Son* · Byung-Kook Lee†

Institute of Environmental and Occupational Medicine, Soonchunhyang University, Chungnam, Korea

**Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, Chungnam, Korea*

(Received October 18, 2009/Revised November 20, 2009/Accepted December 6, 2009)

ABSTRACT

To evaluate the current indoor air quality condition of private academic facilities in Korea and investigate its association with subjective symptoms of student residing at the same academic facilities, air quality monitoring was carried out in total of 20 academic facilities located in Seoul, Daejeon and Chungnam from the beginning of January to the end of April, 2009. To assess the air quality condition of academic facilities, 6 air pollutants with temperature and humidity were measured simultaneously inside and outside of academic facilities. The rate of exceeding the Indoor Air Quality (IAQ) guideline concentrations in 6 air pollutants were 5%, 85%, 15%, 5%, 10% and 30% for CO, CO₂, PM10, HCHO, TVOCs and TBC, respectively. A questionnaire on 16 subjective symptoms related to indoor air quality was given to 342 students who studied at the 20 academic facilities. The most frequent symptom of students was 'I feel easily tired or sleepy', and this was followed by 'I feel muscular pain or stiffness on shoulder, back and neck'. The association of net difference (subjective symptoms at the academic facility - subjective symptoms of the usual situation) with air pollutants was analyzed using spearman rank correlation. In logistic analysis using proportional odds method, the students whose indoor air concentration of HCHO was $\geq 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ had significant odds of having more subjective symptoms of 'My eyes are dry or feel irritated or itching' (OR=5.026: CI=1.587-15.911), 'I feel easily tired or sleepy' (OR=2.956: CI=1.072-8.152), 'I lose my concentration and I feel my memory is falling' (OR=7.745: CI=1.938-30.955) and 'I feel dizzy' (OR=4.424: CI=1.292-15.149) than those of $< 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords: academic facilities, indoor air quality, air pollutants, subjective symptoms

I. 서 론

최근 공중위생관리법상 공중이용시설인 학원 등의 실내공기질 관리 기준 및 지도감시체계 미흡 등으로 이용자의 건강문제가 대두되고 있다. 우리나라 학원시설의 경우, 현재 관리기준은 연면적 2,000 m² 이상으로 기준 면적이 너무 넓어 현재 적용시설이 전체 학원시설의 0.28%에 불과하다. 또한 대부분의 학생들이 실내

공기질 관리 대상이 아닌 소규모의 학원에서 실내공기 오염에 노출되어 있다.

학원시설과 비슷한 실내환경을 가지고 있는 학교시설은 비염, 결막염, 천식 등 알레르기성 질환과 주의력 결핍 과잉행동장애(AHAD) 등도 늘어나는 추세로써 학교 건물에서의 실내공기질 오염이 우려되는 상황이다.¹⁾ 특히 교실에서 이산화탄소(CO₂) 농도가 1000 ppm 증가할 때 학생들의 결석률이 10~20% 증가하였다는 연구가 있었으며,²⁾ 학교 실내공기질의 건강영향평가로 1982년 이후 어린이 천식 환자가 49% 증가하였고, 10세까지 어린이가 감기에 걸릴 가능성이 성인보다 3배 높으며 불량한 교실의 실내공기질은 졸음, 두통과 집중력

†Corresponding author : Institute of Environmental and Occupational Medicine, Soonchunhyang University
Tel: 82-41-530-1760, Fax: 82-41-530-1778
E-mail : bklee@sch.ac.kr

감소를 야기시킬 수 있다고 하였다.³⁾

이와 같이 학생들은 몸과 마음이 계속 발육상태에 있고 질병에 대한 저항력이 불충분한 연령층이기 때문에 보건학적으로 중요한 인구집단이다.⁴⁾

학교의 실내환경 오염 문제는 실내의 다양한 발생원에서 수많은 종류의 오염물질들에 의해 야기되며, 에너지 절약의 측면만을 강조하는 부적절한 환기설비 및 운영은 실내공기질 악화를 초래하는 원인이 되고 있다.^{5,6)} 실내공기오염과 업무수행능력에 대해서 환기의 부족으로 인해 이산화탄소 농도의 증가가 집중력을 감소시키며, 계산이나 기억 등 개인의 정신적 업무능력을 감소시킨다는 보고도 있다.⁷⁻¹⁰⁾ 2008년 보건복지가족부의 공중이용시설 실내공기질 조사에서는 학원시설의 실내공기질이 열악한 것으로 조사되었다.¹¹⁾ 특히 학원시설의 경우 학교와 마찬가지로 실내공기오염물질에 취약계층인 청소년이 많은 시간을 거주하고 있지만 이곳의 실내공기질이 건강에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이며, 스트레스와 같은 사회심리학적인 요인도 작용하기 때문에 다양한 실내공기질 실태조사 및 건강영향에 대한 평가가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 학원시설의 효율적인 실내공기질 관리를 위한 실태조사 및 건강영향평가를 하기 위해 자각증상에 대한 설문조사도 병행하였다. 본 연구의 결과는 향후 학원시설의 쾌적한 실내공기질 유지 및 관리정책의 수립에 있어 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

II. 연구방법 및 내용

1. 연구대상 및 시료채취

본 연구는 2009년 1월부터 2009년 4월까지 Table 1과 같이 서울과 충남에 위치한 학원시설을 대상으로 현행 관리기준인 연면적 2,000 m² 이상 10곳과, 관리대상에서 제외되고 있는 2,000 m² 미만 10곳을 선정하였고, 공중위생관리법상 측정항목 4종인 미세먼지(PM10), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 포름알데히드(HCHO)와 휘발성유기화합물(TVOCs), 총부유세균(TBC) 2개 항목을 추가로 측정하였다. 시료채취는 2,000 m² 이상에서는 2개 지점, 2,000 m² 미만에서는 1개 지점을 실내공기질 공정시험법¹²⁾에서 정하고 있는 주시험방법으로 하였으며, 학원시설의 공기 유동 및 기류발생에 대한 영향을 최대한으로 배제한 후 측정하였다. 또한 학원의 이용자들에 대한 건강영향조사 및 평가를 하기 위해 342명을 대상으로 인체의 자각증상조사를 실시하였다.

Table 1. The characteristics of private academy in this study

Size	Area	Number of site	Type of ventilation
≥2000 m ²	Yangcheon	1	Mechanical
	Seocho	1	Mechanical
	Dongjak	2	Mechanical
	Jongno	1	Mechanical
	Seoul Mapo	1	Mechanical
	Junggu	1	Mechanical
	Gangdong	1	Mechanical
	Gangnam	1	Mechanical
	Nowon	1	Mechanical
>2000 m ²	Daejeon Yooseong	1	Mechanical
	Seogu	1	Mechanical
	Baeksok	1	Mechanical
	Ssangyong	1	Mechanical
	Cheonan Wonseong	1	Mechanical
	Shinbu	1	Mechanical
	Doojeong	4	Mechanical

2. 측정 및 분석방법

1) 실내공기오염물질

(1) 미세먼지(PM10)

미세먼지(PM10) 측정은 소용량 공기채취법(Mini Volume Air Sampling Method)을 이용하였으며, 시료는 Mini-Vol Air Sampler(Airmetrics, USA)를 사용하여 5 l/min 유량으로 8시간 연속 채취하였다. 여과지는 0.001 mg 이상의 감도를 갖는 분석용 저울로 정확히 칭량하였으며 미세먼지 농도는 시료채취 전후의 여과지 무게 차이를 20°C, 1기압으로 환산한 총 포집유량으로 농도를 계산하였다.

(2) 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂)

실내공기 중의 일산화탄소(CO)와 이산화탄소(CO₂) 농도 측정은 주시험방법인 비분산적외선분석을 사용하였다. 본 연구에서는 일산화탄소(CO)는 300E(API, USA), 이산화탄소(CO₂)는 IAQ-CALc(TSI, USA) 분석장비를 이용하여 비분산적외선법으로 1시간 동안 연속 측정하였다.

(3) 포름알데히드(HCHO)

실내공기 중에 존재하는 포름알데히드 농도 측정은 주시험법인 2,4-DNPH 유도체화 HPLC 분석법을 이용하였다. HCHO 측정시 공기 중에 존재하는 오존(O₃)은 2,4-DNPH 유도체를 감소시키거나 2,4-DNPH가 오존과

Table 2. Analysis condition of HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

HPLC system	Shimadzu LC-10vp
Injector	Shimadzu SIL-10ADvp
Analytical column	Mightysil RP-18 GP (L 250 mm×ID 4.6 mm, T 5 μm)
Detector	UV-VIS Detector, Shimadzu
Mobile phase	water(A)/Acetonitrile(B) = 40/60
Detection	Absorbance at 360 nm
Flow rate	1.2 ml/min
Injection volume	20 μl

반응하는 인위적인 불순물을 형성하는 등 방해물질로 존재한다¹³⁾. 따라서 2,4-DNPH 카트리지를 전단에 KI가 채워져 있는 오존 스크러버(Waters, USA)를 장착하여 Personal Air Sampler(SK, USA)를 이용하여 0.5 l/Min으로 30분간 2회 측정하였다. 시료가 채취된 DNPH 카트리지를 아세트니트릴 용매 5 ml를 이용하여 추출한 용액 일부를 HPLC에 주입하며, 360 nm UV 검출기를 이용하여 정량하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

(4) 휘발성유기화합물(TVOCs)

휘발성유기화합물(TVOCs) 측정은 주시험법인 질량 분석계를 이용한 고체흡착열탈착법(TD-GC/MS)을 이용하였다. EPA TO-17에 명시되어 있는 방법으로 Tenax TA(Supelco, USA)가 20 mg 이상 충전된 스테인레스 흡착관에 Personal Air Sampler(SK, USA)를 이용하여 0.2 l/min로 30분 동안 흡입하여 총 6 l로 2회 채취하였다. 총 시료 채취량의 확인은 적산유량계를 이용하였고 유량의 안정성을 파악하기 위해 시료채취 전후의 유량을 비교하여 10% 이내인가를 확인하였다. GC/MS

의 분석조건은 Table 3과 같다.

(5) 총부유세균(TBC)

공기 중의 부유세균 및 곰팡이는 Single Stage Ambient Viable Sampler, Te-10-890(TEI, USA)을 이용하여 일정량 흡입하여 측정기내에 미리 설치한 배지에 충돌시켜 채취하였다. 부유세균과 곰팡이가 채취된 배지는 30~35°C에서 48시간 동안 배양기에 배양하였다. 다음에 증식된 균의 집락수를 세어 포집된 공기의 단위체적당 균수(CFU/m³)로 산출하였다.

2) 인체의 자각증상조사 및 통계처리

실내공기오염으로 인한 자각증상으로 눈따가움, 코따가움, 머리아픔, 피부가려움, 기침, 무기력함, 현기증 등이 나타난다¹⁴⁾. 본 연구에서는 주관적인 자각증상의 변화 정도를 측정하기 위하여 위의 항목을 포함한 16개의 자각증상에 대하여 자각증상의 정도를 “전혀 그렇지 않다(1점)”부터 “매우 심하다(5점)”까지 각각 5점 리커트 척도(Likert's Scale)로 평상시 느끼는 자각증상의 점수 - 학원시설에서 느끼는 자각증상의 점수를 계산하여 그 결과가 ‘양’의 수이면 평상시 느끼는 자각증상이 더 심한 것이고, 그 결과가 ‘음’의 수이면 학원시설에서 느끼는 자각증상이 더 심한 것으로 총 342명의 학생들을 대상으로 설문조사를 하였다.

설문자료의 분석은 SAS(Version 9.13, SAS Institute, Cary, NC)를 이용하였다. 학원내에서의 자각증상과 평상시 느끼는 자각증상을 비교하기 위하여 동일한 대상의 짝 비교를 위한 Signed Rank 검사를 이용하여 양군간의 자각증상을 비교하였다. 또한 각 자각증상과 실내 공기오염물질간의 관련성을 검토하기 위하여 상관분석을 실시하였다. 각 학생들의 자각증상들이 학원내에서의 자각증상과 평소의 자각증상 간에 유의한 상

Table 3. Analysis condition of GC(Gas Chromatography) Mass

STD 1000(DANI, Italy)		GC/MS(Shimadzu GC-2010, Japan)	
Purge Temp. and time	40°C, 0.5 min	GC column	SPB10-1 (0.25 mm, 60 m, 1.0 μm)
Desorb time and flow	15 min, 50 ml/min	Initial temp.	40°C(6 min)
Desorb Temp.	250°C	Oven Ramp Rate 1	4°C/min(40~180°C)
Cold Trap holding time	15 min	Oven Ramp Rate 2	20°C/min(180~250°C)
Cold Trap high temp.	300°C	Final temp.	250°C(10 min)
Cold Trap low temp.	-10°C	Column flow	1.5 ml/min
Cold Trap packing	Tenax-TA	Ms source temp.	200°C
Split	No	Detector type	EI(Quadrupole)
Valve temp.	200°C	Mass range	35~300 amu
Transfer lime temp.	200°C	Electron Energy	70 eV

관이 나타나서 평소의 자각증상을 통제 한 Partial Spearman Rank Correlation 검사를 실시하였다. 마지막으로 공기오염물질과 관련 유관변수들이 실제로 자각증상에 어떠한 영향을 주는지를 알아보기 위해, Proportional Odds Model에 의한 다항 로지스틱분석(Polynomial Logistic Analysis)을 실시하였다. 즉 5척도로 되어 있는 증상호소를 1과 2를 1, 그리고 3을 2, 4와 5를 3으로 하여 3척도로 축소한 후 이를 종속변수로 사용하였으며, 독립변수로는 6개의 공기오염물질들을 이분화(CO: 5 ppm, CO₂: 1,000 ppm, TBC: 400 CFU/m³) HCHO: 60 µg/m³, PM10: 75 µg/m³과 VOCs: 250 µg/m³) 하여 이분변수로 만든 후 로지스틱분석을 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실내공기질 측정결과

1) 미세먼지(PM10) 측정결과

도시 및 산업공단에서 미세먼지는 심혈관질환의 이환율 및 사망률과 관련이 있는 것으로 역학조사에서 밝혀졌으며,¹⁵⁾ 보건학적으로 중요한 오염물질이다.

미세먼지(PM10)의 측정결과는 Table 4와 같다. 2000 m² 미만인 학원시설에서는 21.8~210.3 µg/m³이었으며, 2000 m² 이상인 학원시설에서는 30.6~223.6 µg/m³의 농도 수준을 나타내었다. 2,000 m² 미만인 학원시설 2곳에서 미세먼지(PM10) 농도는 210.3 µg/m³, 171.3 µg/m³, 2,000 m² 이상인 학원 1곳에서 223.6 µg/m³로 보건복지부가주목 공중위생관리법 미세먼지(PM10) 기준치인 150 µg/m³을 초과하였다. 그러나 이들 학원시설의 경우 측정 당일 황사현상으로 인해 실외 미세먼지(PM10)가 실내에 영향을 주어 기준치를 초과한 것이라고 판단된다. 나머지 학원시설에서는 전부 90 µg/m³ 이하의 양호한 수준을 보이고 있었다. 손¹⁶⁾은

학원시설과 비슷한 환경을 갖춘 유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교의 미세먼지를 측정하였는데 모두 90 µg/m³ 이하로 조사되어 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었다.

2) 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂)

일산화탄소(CO)는 헤모글로빈과 친화력이 강하여 인체에 급성 또는 만성중독의 위험을 야기한다.¹⁷⁾ 또한 한국인의 천식아동들을 대상으로 한 연구에서 일산화탄소가 10 ppm에 증가시 ‘썹썹거림’ 발생률이 1.12배 증가한다는 보고가 있다¹⁸⁾. 현재 공중위생관리법에서는 일산화탄소(CO) 기준이 25 ppm으로 유지되어 관리되고 있다.

일산화탄소(CO) 측정결과는 Table 4와 같다. 2,000 m² 미만인 학원에서는 2.3~9.4 ppm이었으며, 2,000 m² 이상인 학원시설에서는 2.3~15.9 ppm의 농도 수준을 나타내었다. 모두 공중위생관리법의 기준인 25 ppm에는 만족하지만 다중이용시설의 실내공기질관리법 기준인 10 ppm을 2,000 m² 이상인 학원시설 1곳에서 초과하였다.

이산화탄소(CO₂)는 실내 농도가 1,000 ppm 증가할 때마다 야간호흡곤란(Nocturnal breathlessness)의 발생률은 약 20배 증가된다고 보고되고 있다.¹⁹⁾ 본 연구에서 이산화탄소(CO₂)는 2,000 m² 미만인 학원시설에서는 662~5,370 ppm이었으며, 2,000 m² 이상인 학원시설에서는 752~3,198 ppm의 높은 농도로 2,000 m² 미만 학원시설 8곳과 2,000 m² 이상 학원시설 9곳에서 공중위생관리법 기준치 1,000 ppm을 초과하였다. 또한 2,000 m² 이상인 학원시설에서 I/O Ratio가 최대 10.0, 최소 1.3으로 조사되었고, 2,000 m² 미만인 학원시설에서는 I/O Ratio가 최대 6.8, 최소 1.4로 조사되어 실내 환경에서의 이산화탄소(CO₂)의 농도가 심각한 수준임을 확인할 수 있었다. 이산화탄소(CO₂)의 농도가 기준

Table 4. The concentrations of indoor air pollutants in academic facilities by their size of facility space

	<2000 m ²				≥2000 m ²				p-value
	N	Mean	SD	GM	N	Mean	SD	GM	
Tem. (°C)	10	19.1	1.8	19.1	20	21.5	3.0	21.3	<0.01
Hum. (%)	10	45.1	11.6	43.9	20	31.6	8.5	30.7	<0.01
CO (ppm)	10	5.8	2.5	5.2	20	5.0	4.0	4.2	0.02
CO ₂ (ppm)	10	1793	1351	1501	20	1865	1264	1532	0.32
TBC (CFU/m ³)	10	839	585	655	20	468	407	326	<0.01
HCHO (µg/m ³)	10	66.6	45.9	55.4	20	28.3	14.1	24.9	<0.01
TVOC (µg/m ³)	10	307.8	352.5	171.8	20	223.6	145.1	156.4	<0.01
PM10 (µg/m ³)	10	95.0	55.1	83.0	20	75.6	54.6	63.9	<0.01

치의 5배를 넘는 학원시설의 경우 좁은 공간에 많은 인원이 수업을 하고 있었다. 또한 실내환경의 정확한 농도를 얻기 위해서 측정시간 동안에는 기계환기의 사용을 중지하였고 조사기간이 1~4월이기 때문에 추위로 인한 밀폐화로 인해 더욱 높은 농도를 보인 것으로 생각된다. Jeon²⁰⁾은 학교시설의 이산화탄소를 조사하기 위해 창문을 닫은 밀폐상태에서 이산화탄소를 측정하였는데 기준치(1,000 ppm)의 2배 정도가 높게 조사되었으며, 본 연구결과에서도 높은 수준을 나타내어 이들 시설의 경우 적합한 환기설비의 운영이 필요하다고 하겠다.

3) 포름알데히드(HCHO)

포름알데히드(HCHO)는 자극성 물질로 눈, 코를 자극하고 어린이에게 노출되는 경우 천식을 일으킬 수 있다.²¹⁾ 현재 공중위생관리법에서는 포름알데히드(HCHO) 기준이 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 유지되어 관리되고 있다. 포름알데히드(HCHO) 측정결과는 Table 4와 같다. 2,000 m^2 미만인 학원시설에서는 25.7~173.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 2,000 m^2 이상인 학원시설에서는 9.95~47.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 수준을 나타내었다.

2,000 m^2 미만 학원시설 1곳에서만 기준치를 초과하였는데 이 학원시설의 경우 6개월 전에 내부인테리어 공사가 이루어져 높은 수준의 농도를 보인 것으로 판단된다. 포름알데히드는 4~5년 이상된 건물에서는 거의 발생이 되지 않는다고 보고되고 있는데²²⁾ 본 연구에서도 대부분 낮은 수준의 농도를 보이고 있었다.

4) 휘발성유기화합물(TVOCs)

실내에서 휘발성유기화합물의 농도는 온도, 습도, 거주자의 활동, 환기 여부에 따라서 달라지며 바닥접착제, 실내장식, 페인트, 폴리우레탄, 코팅, 방수제, 광택제와 세척제 등도 다량의 휘발성유기화합물을 방출한다.²³⁾ 현재 공중위생관리법에서 휘발성유기화합물(TVOCs)에 대한 항목은 없지만 건강상의 영향이 크기 때문에 본 연구에서는 실태조사를 하였다.

그 결과 2,000 m^2 미만인 학원시설에서는 33.4~1,132.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 2,000 m^2 이상인 학원시설에서는 17.4~430.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 농도 수준을 나타냈다.

다중이용시설 실내공기질관리법에서 휘발성유기화합물(TVOCs)의 기준은 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인데 본 연구결과에서는 2,000 m^2 미만인 학원시설 2곳에서 기준치를 초과하였다. 이는 2곳의 학원시설 모두 측정 한 달 전에 내부 인테리어 작업(쇼파, 책걸상, 벽지 교체)이 이루어져 기준치를 초과한 것으로 판단된다. 김²⁴⁾은 완공이 되어

한 달이 지난 신축학교 학급내에서 휘발성유기화합물을 측정하였는데 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도로 조사되어 본 연구결과와 비슷한 양상을 나타내 신축 및 리모델링 시 실내 휘발성유기화합물(TVOCs)의 농도가 높아짐을 확인할 수 있었다.

5) 총부유세균(TBC)

실내오염과 관련한 흔히 발견되는 곰팡이를 섭취하면 천식, 기관지 과민반응, 폐포염 또는 전신성 폐렴 등 다양한 호흡계 질환을 유발할 수 있다.²⁵⁾ 특히 레지오넬라균은 주로 호흡기를 통해 재실자의 건강에 악영향을 미치며, 치사율이 매우 높은 것으로 보고되고 있다.²⁶⁾ 하지만 공중위생관리법상에는 총부유세균에 대한 관리항목이 없으며, 다중이용시설 관리법에서만 800 CFU/ m^3 로 유지 관리하고 있다. 본 연구에서 총부유세균은 2,000 m^2 이상 학원시설 보다 2,000 m^2 미만 학원시설에서 높은 농도를 보이고 있었다. 총 20곳의 학원시설 중 6곳의 학원시설이 다중이용시설 등의 관리기준인 800 CFU/ m^3 을 초과하고 있었고, 이 중 5곳이 2,000 m^2 미만 학원시설이었다. Karen²⁷⁾과 Gurumurthy²⁸⁾는 학교 교실내의 총부유세균을 조사하였는데 대부분의 교실이 500 CFU/ m^3 이하의 수준을 보이고 있어 국내 학원시설의 경우 청결상태가 좋지 못하다는 것을 알 수 있었다.

하지만 2,000 m^2 이상 학원시설의 경우 중앙냉난방을 통해 공조시스템을 적절하게 운영하고 있었으며, 해당시설의 전문관리자가 상주하고 있어 실내공기질에 대한 관리가 비교적 잘 관리되고 있는 것으로 조사되었다.

2. 자각증상조사

자각증상 설문조사 응답자는 시설규모별로는 2,000 m^2 이상 이용자가 188명(55.0%)이었고, 2,000 m^2 미만 이용자는 154명(45.0%)으로 총 342명이 설문조사에 참여하였다.

Table 5는 2,000 m^2 미만 학원시설과 2,000 m^2 이상 학원시설의 이용자 그리고 총대상자를 대상으로 평상시 느끼는 자각증상의 점수와 학원시설에서 느끼는 자각증상의 점수를 나타낸 것이다.

2,000 m^2 미만 학원시설에서는 평상시 가장 점수가 높은 자각증상은 '쉽게 피로감과 졸림을 느낀다'와 '피부가 건조 해진다'의 증상이 각각 2.237과 1.974점이었으며, 학원시설에서 가장 점수가 높은 자각증상은 '쉽게 피로감과 졸림을 느낀다'와 '머리가 아프다' 증상이 각각 2.475와 2.017점 등으로 나타났다. 평상시 느끼는

Table 5. The subjective symptoms of participants attending small or medium sized academic facilities (<2,000 m²) and large academic facilities (≥2,000 m²)

Subjective symptoms	Small and medium (n=154)			Large (n=188)		
	Usual	At the facilities	p-value*	Usual	At the facilities	p-value
1. I have a headache	1.941	2.017	0.357	1.952	2.352	<0.001
2. My eyes are dry or feel irritated or itching	1.966	1.992	0.731	2.115	2.630	<0.001
3. I feel eyestrain or my eyes are bloodshot	1.932	1.924	0.825	2.200	2.655	<0.001
4. My nose was stuffy	1.949	1.822	0.041	2.394	2.752	<0.001
5. I have a cough	1.821	1.661	0.007	1.915	2.200	<0.001
6. My throat is dry or has an inflammation	1.424	1.390	0.576	1.782	2.097	<0.001
7. I feel chest disturbance or sometimes have difficulty in breathing	1.407	1.517	0.033	1.727	2.073	<0.001
8. My skin gets dry	1.974	1.780	0.001	2.333	2.673	<0.001
9. My skin is itching or has some spots	1.415	1.364	0.315	1.606	1.752	0.005
10. I feel like vomiting	1.381	1.487	0.117	1.491	1.709	<0.001
11. I feel easily tired or sleepy	2.237	2.475	0.007	2.376	3.006	<0.001
12. I lose my concentration and I feel my memory is falling	1.771	1.958	0.016	2.048	2.400	<0.001
13. I feel dizzy	1.720	1.771	0.536	1.800	2.024	<0.001
14. I feel depressed	1.280	1.305	0.581	1.545	1.648	0.042
15. I feel being sharp and feel tension	1.492	1.585	0.088	1.780	2.061	<0.001
16. I feel muscular pain or stiffness on shoulders, back and neck	1.856	1.957	0.199	2.327	2.836	<0.001

Usual: average of symptom score during last 12 months, P-value: Signed rank test.

자각증상의 점수와 학원시설에서 느끼는 자각증상의 점수 간에 차이가 가장 큰 증상은 ‘쉽게 피로감과 졸림을 느낀다(-0.237점)’로 학원시설에서 자각증상의 점수가 더 높은 것으로 나타났으며, 다음으로는 ‘피부가 건조해진다’였고, 모두 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01). 일부 항목(‘기침이 난다’, ‘피부가 건조해진다’)에서는 학원시설에서 느끼는 자각증상보다 평상시 증상의 정도가 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타나 이는 학원시설에서의 공조장치 사용 유무 및 환기상태에 따라서 실제 거주환경에서보다 학원시설의 거주환경이 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

2000 m² 이상 학원시설에서는 평상시 가장 점수가 높은 자각증상은 ‘코가 막힌다’와 ‘쉽게 피로감과 졸림을 느낀다’의 증상이 각각 2.394와 2.376점이었으며, 학원시설에서 가장 점수가 높은 자각증상은 ‘쉽게 피로감과 졸림을 느낀다’와 ‘어깨, 등, 목 등의 근육통 또는 뻣뻣해짐을 느낀다’ 증상이 각각 3.006과 2.836점 등으로 나타났다. 평상시 느끼는 자각증상의 점수와 학원시설에서 느끼는 자각증상의 점수 간에 차이가 가장 큰 증상은 ‘쉽게 피로감과 졸림을 느낀다(-0.630점)’로 학원시설에서 자각증상의 점수가 더 높은 것으로 나타났

며, 다음으로는 ‘눈이 건조 또는 따갑거나 가렵다’이었고, 모두 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.001).

자각증상에 대한 설문조사에서 2,000 m² 미만 학원시설보다 2000 m² 이상 학원시설에서 유의한 차이를 많이 나타났는데 이는 2,000 m² 미만 학원시설인 경우 초등학교 및 중학생 위주의 학원시설이었으며, 2,000 m² 이상인 경우 입시생 위주의 학원시설로 설문응답자의 학업 연령에 따른 차이라고 판단된다. 2,000 m² 이상의 학원시설내에 있는 입시생은 대학 입시라는 문화적 요구로 인해 학업에 관련된 스트레스가 심각하며,²⁹⁾ 지나친 압박감으로 인하여 심리적 손상을 가져와 정신, 신체적 건강에 심각한 위험요소로 작용하고 있는 있어,^{30,31)} 자각증상에 대해 더욱 예민하며 저학년보다 설문내용의 이해력이 높았기 때문인 것으로 생각된다.

Table 6은 실내공기오염물질의 농도와 학원시설에서 느끼는 자각증상과의 관계를 보기 위하여 실내공기오염물질의 농도와 자각증상의 변화정도[학원시설에서 느끼는 자각 증상의 점수-평상시 느끼는 자각증상의 점수]간의 상관관계를 Spearman Rank Correlation으로 분석한 결과를 나타낸 것이다.

Table 6. The spearman correlation analysis of indoor pollutants with net difference (subjective symptoms at the academic facility - subjective symptoms of usual situation)

Subjective symptoms	Pollutants						
	CO	CO ₂	TBC	HCHO	TVOC	PM10	
1. I have a headache	0.041	0.001	0.179**	0.171**	0.010	-0.032	
2. My eyes are dry or feel irritated or itching	0.063	-0.071	0.155	0.175**	-0.068	-0.025	
3. I feel eyestrain or my eyes are bloodshot	0.138*	-0.048	0.170**	0.207**	-0.085	0.086	
4. My nose was stuffy	0.063	-0.027	0.216**	0.201**	0.034	0.031	
5. I have a cough	0.115	-0.158**	0.186**	0.124*	-0.080	0.075	
6. My throat is dry or has an inflammation	0.121*	-0.143*	0.148*	0.150*	-0.034	0.031	
7. I feel chest disturbance or sometimes have difficulty in breathing	0.017	-0.149*	0.084	0.076	-0.084	0.033	
8. My skin gets dry	0.155	-0.140*	0.167**	0.199**	0.022	0.068	
9. My skin is itching or has some spots	0.095	-0.062	0.116	0.066	0.042	0.065	
10. I feel like vomiting	0.074	-0.089	0.033	0.016	-0.114	-0.120*	
11. I feel easily tired or sleepy	0.055	-0.098	0.071	0.110	0.033	0.024	
12. I lose my concentration and I feel my memory is falling	-0.004	-0.086	0.053	0.046	-0.035	-0.015	
13. I feel dizzy	0.072	-0.043	0.049	0.040	-0.062	0.058	
14. I feel depressed	0.011	-0.021	0.058	0.097	0.055	0.118*	
15. I feel being sharp and feel tension	-0.017	0.028	0.091	0.067	0.075	0.017	
16. I feel muscular pain or stiffness on shoulders, back and neck	0.159**	-0.059	0.140*	0.212**	-0.034	0.090	

*: p<0.05, **: p<0.01.

일산화탄소(CO)의 경우, 3, 6, 9번 증상과 유의한 양의 관계가 있는 것으로 나타났다. 반면 이산화탄소(CO₂)의 경우, 농도와 5, 6, 7, 8번의 자각증상들과 유의한 상관관계가 나타났으나 음의 관계이어서 논리적으로 해석에 어려움이 있다. 이산화탄소의 경우 증가 자체가 인체에 유해한 영향을 미치는 것은 아니지만, 상대적 산소의 부족을 야기함으로써 쉽게 피로감과 졸음을 느끼는 증상을 유발할 수 있으나 본 조사에서는 일부 증상들이 이산화탄소의 농도가 증가할수록 감소하는 결과이어서 이들 관계에 다른 교란변수가 작용했으리라 판단되나 더 검토해야 할 과제이다.

총부유세균(TBC)과 유의한 관련이 있는 자각증상은 '눈이 건조 또는 따갑거나 가렵다', '눈이 피로해지거나 충혈된다', '코가 막힌다', '기침이 난다', '피부가 건조해진다' 등으로 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 관찰되었다(p<0.05).

포름알데히드(HCHO)의 경우, 농도와 자각증상간의 유의한 상관관계가 있는 증상은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 및 16번으로서 모두 양의 상관관계를 나타내었다. 반면에 휘발성유기화합물(TVOCs)의 경우, 자각증상간의 유의한 상관관계가 있는 증상은 없었으며, 이는 일부 시

설에서 기준치를 초과하는 시설이 있기는 하였으나 본 조사에서 노출수준은 기준치의 50% 수준으로 낮았기 때문에 판단되었다. 보건복지가족부가 조사한 2008년도 공중이용시설 공기질 실태조사에서는 16개의 자각증상들은 HCHO와 유의한 관련성이 없었던 반면, TVOCs와는 7개의 증상과 유의한 상관이 나타났다²⁰⁾. 보건복지가족부의 조사에서는 조사시설들의 HCHO 농도가 상대적으로 낮았고, TVOCs 농도는 상대적으로 높아서 본 조사와는 다른 결과를 나타내었다.

미세먼지(PM10)의 경우, '메스꺼움을 느낀다'와 '우울감을 느낀다' 이외에 농도와 자각증상간의 유의한 상관관계가 있는 증상은 없었다. 미세먼지의 경우 황사 등 외부대기의 오염 등으로 일부 시설의 기준치가 초과하는 시설이 있기는 하였으나 전체 농도로는 기준치 이하로서 이용자의 자각증상에 큰 영향을 주지 않은 것으로 판단된다.

총부유세균(TBC)의 경우, '눈이 건조 또는 따갑거나 가렵다', '눈이 피로해지거나 충혈된다', '코가 막힌다', '기침이 난다', '피부가 건조해진다'의 증상과 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 관찰되었다. 보건복지가족부의 연구에서도 TBC는 4개의 증상과 유의한 상관이

있었으나 유의한 증상내용은 본 조사와 달랐다. 공기오염물질과 관련 유관변수들이 실제로 자각증상에 어떠한 영향을 주는지를 알아보기 위해, Proportional Odds Model에 의한 로지스틱분석을 실시하였

다. 즉, 5척도로 되어 있는 증상호소를 1과 2를 1, 그리고 3을 2, 4와 5를 3으로 하여 3척도로 축소하여 이를 종속변수로 사용하였으며, 독립변수로는 연령, 성별, 학원시설내의 체류시간 및 6개의 공기오염물질들의

Table 7. The associations of subjective symptoms with indoor air pollutants and other relevant variables (age, gender and size of building) by polynomial logistic analysis using proportional odds method

Subjective symptoms	Independent variables	Odds Ratio Estimates		
		Point estimate	95% Wald confidence limits	
I have a headache	Gender (1: male, 0: female)	0.498	0.292	0.850
	Size (1: ≥2000 m ² , 0: <2000 m ²)	0.198	0.056	0.701
My eyes are dry or feel irritated or itching	Age (years)	1.227	1.041	1.446
	Gender (1: male, 0: female)	0.497	0.297	0.833
	HCHO (1: ≥60 µg/m ³ , 0: <60 µg/m ³)	5.026	1.587	15.911
	Size (1: ≥2000 m ² , 0: <2000 m ²)	0.218	0.062	0.758
I feel eyestrain or my eyes are bloodshot	Age (years)	1.243	1.054	1.465
	Gender (1: male, 0: female)	0.566	0.340	0.942
	Age (years)	1.255	1.075	1.466
My nose was stuffy	Age (years)	1.236	1.045	1.461
I have a cough	Age (years)	1.211	1.039	1.411
My skin gets dry	Gender (1: male, 0: female)	0.606	0.374	0.982
	Gender (1: male, 0: female)	0.358	0.222	0.578
I feel easily tired or sleep	HCHO (1: ≥60 µg/m ³ , 0: <60 µg/m ³)	2.956	1.072	8.152
	Size (1: ≥2000 m ² , 0: <2000 m ²)	0.258	0.069	0.972
I lose my concentration and I feel my memory is falling	Age (years)	1.260	1.060	1.497
	Gender (1: male, 0: female)	0.556	0.319	0.968
	HCHO (1: ≥60 µg/m ³ , 0: <60 µg/m ³)	7.745	1.938	30.955
	Gender (1: male, 0: female)	0.441	0.250	0.777
I feel dizzy	HCHO (1: ≥60 µg/m ³ , 0: <60 µg/m ³)	4.424	1.292	15.149
	Gender (1: male, 0: female)	0.414	0.197	0.869
I feel depressed	Age (years)	1.230	1.019	1.485
I feel being sharp and feel tension	Age (years)	1.230	1.019	1.485
	Gender (1: male, 0: female)	0.483	0.294	0.791
I feel muscular pain or stiffness on shoulders, back and neck	Gender (1: male, 0: female)	0.483	0.294	0.791

이분화하여 이산변수로 만든 로지스틱분석을 수행하였다. 여기에서 CO는 5 ppm, CO₂는 1000 ppm, 포름알데히드는 60 µg/m³, 미세먼지는 75 µg/m³, 총부유세균은 5 CFU/m³, 그리고 휘발성유기화합물은 250 µg/m³로 구분하여 이들 공기오염물질의 농도 구분이 자각증상에 어떠한 영향을 나타내는지를 분석하여 Odds Ratio와 95% 신뢰구간을 구하였다(Table 7). 공기오염물질 중 포름알데히드의 노출수준만이 2번, 11번, 12번 및 13번 자각증상과 관련이 있었다. 즉, 포름알데히드 농도가 60 µg/m³ 이하인 학원에서 공부하는 학생들보다 60 µg/m³ 이상인 학원에서 공부하는 학생들의 증상호소가 2.9-7.7 배로 유의하게 높았다. 16개 증상에 영향을 준 관련변수로는 성별 구분으로 9개의 증상에서 여학생들이 남학생들보다 증상 호소가 적었으며, 연령증가에 따른 증상호소가 증가한 것은 7개로 나타났다. 또한 학원규모에 따른 증상 호소율은 학원규모가 적을수록 증상호소가 적은 증상 2번, 3번 및 12번 증상으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 오염물질에 취약계층인 청소년이 상당 시간을 보내고 있는 학원시설을 대상으로 2009년 1월에서 4월까지 20곳 학원시설의 실내공기오염물질을 측정, 분석하였으며 자각증상조사를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미세먼지(PM10)는 총 20곳의 학원시설 중 기준치를 초과한 학원시설이 3곳이지만 모두 황사가 발생된 날로 외기 미세먼지(PM10)의 농도가 150 µg/m³을 초과하여 실내농도가 증가한 것으로 조사되었다. 일산화탄소(CO)는 다중이용시설 실내공기질관리법 기준인 10 ppm를 초과하는 학원시설이 1곳, 이산화탄소(CO₂)는 17곳의 학원시설에서 기준치를 초과하였다. 포름알데히드(HCHO)는 1곳 학원시설, 휘발성유기화합물(TVOCs)은 2곳의 학원시설에서 기준치를 초과하였지만 이는 3개 학원시설 모두 최근에 리모델링이 이루어져 초과된 것으로 나타났다.

총부유세균(TBC)은 20곳의 학원시설 중 6곳의 학원이 다중이용시설 등의 관리기준인 800 CFU/m³을 초과하였으며, 이 중 5곳이 2,000 m² 미만 학원시설이었다. 2,000 m² 미만, 2,000 m² 이상 학원시설 두 그룹간 실내오염물질의 평균에 대해서는 온도, 습도, 일산화탄소(CO), 총부유세균(TBC), 휘발성유기화합물(TVOCs), 포름알데히드(HCHO), 미세먼지(PM10)가 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

현재 보건복지가족부의 공중위생관리법은 2,000 m²

이상의 학원시설만 관리하도록 되어 있지만 본 연구조사에서는 6개의 오염물질이 2,000 m² 이상의 학원시설보다 2,000 m² 미만의 학원시설에서 기준치 초과가 더 많이 발생했기 때문에 2,000 m² 미만 학원시설의 실내 환경에 대한 관리가 시급하다고 판단되며, 또한 2,000 m² 이상의 학원시설과 마찬가지로 2,000 m² 미만의 학원시설도 공중위생관리법에 포함되어 관리를 받아야 할 것이다.

2. 건강영향평가를 하기 위한 자각증상조사에서는 2,000 m² 미만과 2,000 m² 이상 모두 학원시설 내에 있을 때 가장 점수가 높은 자각증상은 '쉽게 피로감과 졸림을 느낀다'이었으며, 실내공기오염물질의 농도와 자각증상의 변화정도[학원시설에서 느끼는 자각증상의 점수-평상시 느끼는 자각 증상의 점수]간의 상관관계를 분석한 결과 총부유세균과 7개 증상, 포름알데히드는 8개 증상과 유의한 양의 상관을 나타내었으며, 일산화탄소와 미세먼지는 1개의 증상과 양의 상관을 나타내었으나, 이산화탄소와 미세먼지는 4개의 증상과 1개의 증상이 음의 상관을 나타내었다. 5척도의 자각증상을 3척도로 재구분하여 이를 종속변수로 정하고 환경오염물질과 관련 변수들을 독립변수로 한 Proportional Odds Method에 의한 로지스틱분석에서 일부 증상들이 연령증가에 따라 증가하였고, 남학생들이 여학생들보다 증상 호소가 많았으며, 학원규모가 적은 경우 증상호소가 적은 경우가 확인되었다. 특히 환경오염물질 중 포름알데히드는 4개 증상과 유의한 관계가 나타나, 포름알데히드 농도가 60 µg/m³ 이하에서 공부하는 학생들보다 60 µg/m³ 이상에서 공부하는 학생들의 증상 발생 가능성이 2.9-7.7배로 높게 나타났다.

참고문헌

1. Kang, S. A., Choi, S. J., Kim, Y. S. : The relativity analysis between indoor air quality and building construction in Incheon Area's Schools - Focused on completion time of building and construction materials. *The Society of Living Environment System Korea*, **15**(2), 277-286, 2008.
2. Shendell, D. G., Prill, R., Fisk, W. J., Apte, M. G., Blake, D., Faulkner, D. : Association between CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*, **14**, 333-341, 2004.
3. U. S. Department of Energy : Causes of Indoor air quality problems in schools. 2000.
4. Kim, S. W., Nam, C. H. : A study on knowledge and attitude of the middle and high school students relating to environmental health. *Korean Society of Environmental Health*, **23**(3), 7-26, 1997.
5. Kreiss, K. : The sick building syndrome ; Where is

- the epidemiologic basis?. *American Journal of Public Health*, **80**, 1172-1173, 1990.
6. Ha, K. C. : A study on volatile organic compounds (VOC) in environmental tobacco smoke (ETS) at indoor office environments. *Korean Society of Environmental Health*, **27**(3), 87-98, 2001.
 7. Bartlett, K. H., Kennedy, S. M., Brauer, M., Dill, B., Van, Netten, C. : Predictors of exposure to indoor CO₂ and bioaerosols in elementary school classrooms. *Indoor Air*, **1**, 252-257, 1999.
 8. Lagercrantz, L., Wistrand, M., Willen, U., Wargocki, P., Witterseh, T., Sundell, J. : Negative impact of air pollution on productivity ; previous Danish findings repeated in new Swedish test room. *Proceedings of Healthy Buildings*, **1**, 653-658, 2000.
 9. Mendell, M. J., Fisk, W. J., Petersen, M. R., Hines, C. J., Dong, M., Faulkner, D., Deddens, J. A., Ruder, A. M., Sullivan, D., Boeniger, M. F. : Indoor particles and symptoms among office workers ; results from a double-blind cross-over study. *Epidemiology*, **13**(3), 296-304, 2002.
 10. Myhrvold, A. N., Olsen, E., Lauridsen, O. : Indoor environment in school-pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. *Indoor Air*, **4**, 369-374, 1996.
 11. Ministry for Health, Welfare and Family Affairs : Public Hygiene Act 2007.5.25
 12. Ministry Of Environment : Standard Method for Indoor Air Measurement, 2004.
 13. Lawson, D. R., Biermann, H. W., Tuazon, E. C., Winer, A. M., Mackay, G. I., Schiff, H. I., Kok, G. L., Dasgupta, P. K., Fung, K. : Formaldehyde measurement methods evaluation and ambient concentrations during the carbonaceous species methods comparison study. *Aerosol Science and Technology*, **12**, 64-76, 1990.
 14. Apte, M. G., Fisk, W. J., Daisey, J. M. : Associations between indoor CO₂ concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office building ; an analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air*, **10**(4), 246-257, 2000.
 15. Carrer, P., Cavallo, D., Maroni, M., Foá, V. : Airborne particles and human health state of the knowledge and research perspectives. *European Journal of Oncology*, **5**, 545-551, 1999.
 16. Son, J. R., Roh, Y. M., Son, B. S. : The assessment of survey on the indoor air quality at school in Korea. *Korean Society of Environmental Health*, **32**(2), 140-148, 2006.
 17. Manahan, E. and Stanley, E. : Environmental Chemistry. Lewis Publishers, 1994.
 18. Kim, C. S., Lim, Y. W., Yang, J. Y., Hong, C. S., Shin, D. C. : Effects of indoor CO₂ concentrations on wheezing attacks in children. *Proceedings of Indoor Air*, **1**, 492-497, 2002.
 19. Norback, D., Bjornsson, E., Janson, C., Boman, G. : Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde and carbon dioxide in dwellings. *Occupational Environmental Medicine*, **52**, 388-395, 1995.
 20. Jeon, E. C., Jang, G. S., Kook, C. : Evaluation of indoor air quality in urban school. *The Environmental Education*, **12**(2), 73-90, 1999.
 21. Garrett, M. H., Hooper, M. A., Hooper, B. M., Rayment, P. R., Abramson, M. J. : Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. *Allergy*, **54**, 330-337, 1999.
 22. Mayer, B., Hermanns, K. : Reducing indoor air formaldehyde concentrations. *Journal of Air Pollution Control Association*, **35**(8), 816-821, 1985.
 24. Pitten, F. A., Bremer, J., Kramer, A. : Air pollution by volatile organic compounds (VOC) and health complaints. *Dtsch Med Wochenschr*, **125**, 545-550, 2000.
 24. Kim, D. S., Kim, S. J., Park, S. Y., Jeon, M. J., Kim, G. T., Kim, C. Y., Chung, J. H., Beak, S. O., Sakong, J. : The effect of indoor air quality on the neurobehavioral performance of elementary school children. *Korea Society of Occupational & Environmental Medicine*, **19**(1), 73-80, 2007.
 25. Gunnbjornsdottir, M. I., Norback, D., Plaschke, P., Norrman, E., Bjrnsson, E., Janson, C. : The relationship between indicators of building dampness and respiratory health in young Swedish adults. *Respiratory Medicine*, **97**, 302-307, 2003.
 26. Bang, S. J., Lee, C. M., Kim, Y. S., Sunwoo, Y. : Indoor and outdoor distribution of Legionella spp and microbes on cooling towers water of central air conditioning facilities. *Korean Society of Environmental Health*, **28**(3), 39-48, 2002.
 27. Bartlett, K. H., Kennedy, S. M., Brauer, M., Netten, C. V., Dill, B. : Evaluation and a predictive model of airborne fungal concentrations in school classrooms. *British Occupational Hygiene Society*, **48**(6), 547-554, 2004.
 28. Gurumurthy, R., John, L. A., Sudipto, B., Timothy, R. C., David, J., Ann, F., Ken, S. : Indoor air quality in two urban elementary school-measurements of Airborne Fungi, Carpet Allergens, CO₂, temperature, and relative humidity. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, **2**, 553-566, 2005.
 29. Lee, M. R., Chung, H. S. : Development of adolescent university entrance. *Korea Journal of Psychology*, **10**(1), 144-154, 1997.
 30. Kim, K. S. : Stress perception, coping and distress in college entrance examination among adolescents and their parents. *Korea Home Management Association*, **13**(1), 12-25, 1995.
 31. Lee, E. H. : The impact of resilient factors on the mental health of senior high school students. *Mental Health & Social Work*, **31**, 5-29, 2009.
 32. Ministry for Health, Welfare and Family Affairs : Evaluation on the Level of Indoor Air Pollutants at Public Facilities and Development of Surveillance System on Indoor Air Pollutants. 2008.