

새 학교 건물 내 실내공기질이 재실자의 안구에 미치는 영향

김우재 · 김선덕* · 김효진** · 김호현*** · 이철민**** · 김윤신****

한양대학교 대학원 보건학과

*한국환경정책평가연구원 통합환경연구본부

**백석대학교 보건학부 안경광학과

***연세대학교 보건대학원 환경보건학과

****한양대학교 환경 및 산업의학연구소

투고일(2011년 4월 5일), 수정일(2011년 6월 1일), 게재확정일(2011년 6월 18일)

목적: 신축된 대학교 건물 내에서 수업 등을 수강하는 대학생들을 대상으로 실내공기질이 안구증상 및 새집증후군 증상 등의 눈에 미치는 영향에 대해 알아보았다. **방법:** 수도권에 위치한 대학교 신축건물을 선정하여, 1개학과 대학생들을 대상으로 실시하였다. 총 참여대상자는 33명이었고, 개개인의 특성 파악을 위해 사전 설문조사(성별, 연령, 흡연여부, 콘택트렌즈 착용여부, 음주여부 등)를 실시하였다. 1차 실내유해물질 및 연구조사에 참여한 대상자들의 설문조사(1차) 및 안구증상은 10월 학기 중에 실시하였고, 2차 조사는 2개월 후인 12월 학기말에 실시하였다. 실내공기질 측정은 1차 설문조사 시와 2차 설문조사 시 측정하였으며 실내공기 중 가스상 물질인 알데하이드류 및 휘발성 유기화합물을 측정하였다. **결과:** 새 건물 내 실내공기질 평가항목 중 폼알데하이드는 1차 측정 시 22.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2차 측정 시 16.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 감소되었고, 그 외 대부분 물질에서도 1차 입주 시 높은 결과를 보였다. 총휘발성 유기화합물은 1차 측정 시 448.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2차 측정 시 62.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 통계적으로 유의하게 감소되었다($p < 0.05$). 눈의 자극 증상은 안구증상 등 임상평가에서 1차와 2차 노출에 따른 연구참여자들의 건성안 유발이 확인되었으며, 1차와 2차 측정을 비교한 결과, 2차 측정시의 오전은 1차에 비해 건조감이 심해졌다. **결론:** 재실자는 오전에 비해 오 후에 건조안이 증가하는 것으로 평가되었고, 안구에 영향을 미칠 수 있는 알데하이드류 및 휘발성 유기화합물의 실내공기질 측정결과와 안구증상과의 연관성에서 유해물질에 의한 통계적으로 유의한 수준의 일관성 있는 결과는 도출되지 않았다.

주제어: 실내공기질, 안구건조증, 새집증후군, 휘발성유기화합물, 폼알데하이드

서 론

눈(Eye)에 대한 자극(Irritation) 및 간헐적인 고통 호소는 90년대 및 2000년대 초반 일반 사무환경에서 흔히 보고되어 왔다^{1,2}. 더불어 이 시기에 이러한 실내 환경으로 인한 종합적 증상 또는 증후(Symptomatology)는 새집 또는 새 건물 증후군(Sick-building syndrome, SBS) 이라고 통칭되었다³. 신축한지 얼마 되지 않은 학교의 경우 이른바 “새 집 증후군”의 원인으로 알려진 신축건물의 벽지, 바닥재, 페인트 등 각종 건축자재에서 나오는 폼알데하이드(Formaldehyde), 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs) 등의 화학물질로 인한 교실 공기오염에 학생들과 교사들이 노출될 수밖에 없다⁴.

특히 이러한 폼알데하이드나 VOCs와 같은 환경오염물

질에 노출되면 눈에도 자극 증상을 동반하게 된다¹. 보통 눈의 자극 증상은 결막충혈, 가려움, 안구건조와 정도의 안통을 포함한다. Peder 등⁵은 이러한 환경오염물질에 노출되었을 때 안구건조, 가려움, 찌르는 듯한 이픔과 같은 여러 가지 각막 질환을 보고하였다.

덴마크와 독일의 선행 연구에서는 오피스건물에서 눈물막(Precorneal Tear Film, PTF) 측정을 통해 안구자극 증상과 실내 환경의 관련성을 제기하였다⁶. 눈물막은 건조와 외부 손상으로부터 눈을 보호하는 역할을 하기 때문에 눈물막의 파괴정도를 검사하여 안구건조를 확인할 수 있다. 눈물막의 가장 바깥층인 지방층은 독서 및 업무 등을 하는 동안에 건조점이 빨리 발생한다.

이 연구에서는 실내 환경오염으로부터 안구건조가 심해졌는지 확인하기 위해서 눈의 자극 증상에 대한 설문지

이외에 눈물막 파괴시간과 결막충혈을 검사하였고, 대표적인 실내 환경오염물질인 폼알데하이드와 VOCs를 실제 측정하였다.

연구자료 및 방법

1. 연구내용

본 연구는 2009년 10월 및 12월에 각각 실시되었다. 본 연구는 대학 신축건물에서 한층에 위치한 3곳의 강의실과 1곳의 실습실에서 1일 평균 8시간을 생활하는 학생들을 대상으로 실시하였다. 총 참여대상자는 33명이었고, 개인의 특성 파악을 위해 사전 설문조사를 실시하였다. 1차 실내유해물질 및 연구조사에 참여한 대상자들의 설문조사(1차) 및 안구증상은 10월 학기 중에 실시하였고, 2차 조사는 2개월 후인 12월 학기말에 실시하였다. 1차 조사를 10월에 한 이유는 9월에 신축건물 및 강의실에 입주하였으므로, 한 달 정도의 실내 환경 노출 후에 SBS 증상설문 및 안구증상을 평가하고, 2개월 후의 실내유해물질, 증상설문 및 안구증상을 비교하고자 하였다. 개인의 특성을 고려하기 위해 성별, 연령, 흡연여부, 콘택트렌즈 착용여부, 음주여부 등을 전수 조사하였고, 실험 중 콘택트렌즈는 착용을 제한하였다.

2. 실내공기질 측정 및 분석방법

실내공기 중 알데하이드류 및 VOCs의 시료채취 및 분석방법은 환경부의 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”에서 규정하고 있는 실내공기질 공정시험방법에 준하여 실시하였다. 시료 채취는 강의시간에 실시하는 것을 원칙으로 하였으며, 강의실에서 벽으로부터 최소 1m 이상 떨어진 위치에서 바닥면으로부터 1.2~1.5m 높이에 시료채취 장치들을 설치하여 시료를 채취하였으며, 주변 시설 및 건물 등의 영향으로 측정 장애가 없는 곳을 선정하는 것을 원칙으로 하였다. 공기 중 VOCs는 Sampler Σ 100H(SIBATA, Japan)를 사용하여 Tenax-TA 고체 흡착관을 이용하여 흡착한 후, 열탈착 장치가 연결된 GC/MSD(Gas Chromatography/Mass Selected Detector)로 분석하였다.

실내공간에서 알데하이드류 시료채취의 경우 Sampler Σ 100H(SIBATA, Japan)를 사용하여 350 mg의 DNPH-silica(1.0 mg DNPH)를 충전한 1.0 cm(i.d.) \times 2.0 cm(o.d.) \times 4.3 cm(Total length)의 Cartridge인 DNPH-silica Cartridge(Supelco, USA)에 오존의 간섭을 제거하기 위한 0.46 cm(I.D.) \times 10 cm의 Copper tube에 KI(Potassium iodide) 결정체를 채운 오존 Scrubber Cartridge를 DNPH-silica Cartridge 앞에 장착하여 0.5 l/min의 유량으로 30분 동안 시료를 채취하였다(다중이용시설 실내공기질관리법의 공정시

험방법). 채취된 시료에 대한 분석은 HPLC alliance separation module 2690/dual λ absorbance detector 2487 모델을 이용하였다.

3. 분석의 정도관리

본 연구는 측정 및 분석결과에 대한 정도관리를 위해 공기채취 펌프의 보정, VOCs 흡착관 및 DNPH Cartridge의 청정도 평가를 실시하였다. 측정 및 분석에 대한 정도 관리를 위한 회수율 평가에서는 90~115% 내의 양호한 회수율을 나타냈다. 물질별 검출한계(LOD)는 VOCs 중 벤젠 0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 톨루엔 0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 에틸벤젠 0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, m,p-자이렌 0.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o-자이렌 0.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 스티렌 0.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 알데하이드류 중 폼알데하이드 0.0003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아세트알데하이드 0.0003 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 벤질알데하이드 0.0004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였다.

4. 눈의 증상 측정

건성안의 측정은 가장 기본적인 눈물막의 안전성 평가 방법인 눈물막 파괴 시간(Tear Break-Up Time)을 이용하였다. 1인의 검사자가 세극등 현미경을 사용하여 형광염색제가 묻은 검사지를 하결막낭에 묻히고 눈을 감았다 뜨게 한 후 눈물막에 건조점이 처음으로 생길 때까지의 시간을 측정되었다. 각각의 단안에 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 5초 이하는 건성안으로 진단하였고, 5~9초는 충혈, 자극감, 이물감 등을 동반하면 건성안으로 진단하였으며, 10초 이상은 정상으로 평가하였다.

결막 충혈도 같은 검사자에 의해 세극등 현미경을 이용하여 각각의 단안에 3번 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 이때 결막은 단안에 대해서 상하좌우 4방향으로 나누어 검사하였고, 충혈정도는 5단계의 5점 척도로(Normal, Trace, Mild, Moderate, Severe) 나타내었다⁷⁾. 가려움증과 안통은 설문지를 이용하여 각각 4점 척도로 나타내었다.

5. 통계분석

실내공기 결과는 평균과 표준편차를 제시하였고, 실내공기 자료에 대한 통계분석은 SPSS 17.0(Statistical package for the social science) 통계 package를 사용하였고, Kruskal-Wallis test를 사용하여 시설별 통계적 유의성을 보았다.

결 과

1. 연구 참여자 일반 정보

분석 대상자의 연령은 평균 23.15 \pm 1.77세였고, 흡연여부는 모두 비흡연자로 조사되었다. 대상자의 대부분은 실

Table 1. Characteristics of the study population

Variables		Case (n=33)
Age (years)	≤ 30	1(3)
	> 30	32(97)
Gender	Male	1(3)
	Female	32(97)
Indoor smoker	Yes	-
	No	33(100)
Frequency of drinking per week	0	19(58)
	1-2	14(42)
Number of class per week	4	2(6)
	5	31(94)
Class hours per week	≤ 30 min	19(58)
	> 30 min	14(42)
Total time in buildings (totay)	≤ 7 hours	6(18)
	> 7 hours	27(82)
Now using contact lens	Yes	4(12)
	No	29(88)
Yesterday used contact lens	Yes	5(15)
	No	28(85)
Yesterday hours of sleep	≤ 5 hours	17(52)
	> 5 hours	16(48)
Waking hours	≤ 6 hours	18(55)
	> 6 hours	15(45)
Red eyes	yes	19(58)
	no	14(42)
Itchy eyes	Yes	18(55)
	No	15(45)
Dry eyes	Yes	26(79)
	No	7(21)
Eye pain, feeling light	Yes	12(36)
	No	21(64)

내에서 7시간 이상을(82%) 보내는 것으로 조사되었으며, 콘택트렌즈 사용여부는 29명인 88%가 콘택트렌즈를 사용하지 않았다(Table 1).

2. 실내공기질 측정결과

신축건물의 실내공기질은 다음과 같다. 조사 시기를 1, 2차로 나눠 평가한 결과 알데하이드류 중 폼알데하이드는 1차 측정 시 22.90 µg/m³ 2차 측정 시 16.79 µg/m³로 감소되었으며(Table 2) 그 외 대부분 물질에서도 감소경향을

Table 2. Aldehydes concentration of indoor in building

	Mean±S.D (Min~Max)		P-value
	1st (n=4)	2nd (n=4)	
Formaldehyde	22.90±9.48 (15.95~36.47)	16.79±11.93 (2.64~27.87)	0.66
Acetaldehyde	19.13±9.34 (5.18~24.85)	16.10±6.21 (7.37~21.19)	0.31
Acrolein	17.44±7.02 (7.40~23.05)	13.01±5.55 (6.82~18.08)	0.31
Acetone	8.72±3.51 (3.70~11.53)	6.41±2.89 (3.16~9.04)	0.31
butyraldehyde	1.33±1.59 (ND~3.19)	0.97±1.23 (ND~2.56)	0.87
Benzaldehyde	ND	0.95±1.90 (ND~3.80)	0.45

Table 3. VOCs concentration of indoor in building

	Mean±S.D (Min~Max)		P-value
	1st (n=4)	2nd (n=4)	
Benzene	16.79±11.93 (2.64~27.87)	4.24±3.04 (1.93~8.52)	0.19
Toluene	66.73±16.01 (43.43~79.83)	35.45±15.01 (20.40~56.20)	0.06
Ethylbenzene	50.31*±12.96 (33.39~64.93)	8.82±1.73 (7.53~11.37)	0.03
Xylene	98.35*±32.35 (58.30~137.52)	7.58±4.09 (5.07~13.69)	0.03
Styrene	226.28*±130.47 (113.92~412.09)	6.47±1.82 (4.82~8.66)	0.03
TVOC	448.54*±173.98 (304.69~692.32)	62.55±21.98 (40.61~92.81)	0.03

*p<0.05

나타냈으나 통계적으로 유의한 수준은 아니었다. 총휘발성 유기화합물(TVOC)은 1차 측정 시 448.54 µg/m³, 2차 측정 시 62.55 µg/m³로 통계적으로 유의하게 감소되었다(p<0.05) (Table 3). 건물 공간에 따른 실내공기질을 측정 한 결과 제 2강의실에서 폼알데하이드 23.87 µg/m³로 높게 조사되었으며(Table 4), 총휘발성 유기화합물은 강의실 중 실습실에서 376.82 µg/m³로 가장 높게 조사되었다(Table 5).

3. 눈의 자극 증상

눈에 대한 자극증상 검사는 오전과 오후로 나눠서 실시 하였으며, 오전은 강의실에 입실하자마자 오전 9시에 검사하였고, 오후는 하루의 수업을 마치는 오후 6시경에 검

Table 4. Aldehydes concentration of indoor in building to space

unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Mean \pm S.D (Min~Max)				P-value
	Class-room 1	Class-room 2	Class-room 3	Practice-Room	
Formaldehyde	22.34 \pm 7.83 (16.81~27.87)	23.87 \pm 2.12 (22.38~25.37)	19.55 \pm 23.92 (2.64~36.47)	13.62 \pm 3.30 (11.28~15.95)	0.57
Acetaldehyde	21.76 \pm 2.81 (19.77~23.75)	23.02 \pm 2.59 (21.19~24.85)	6.28 \pm 1.55 (5.18~7.37)	19.39 \pm 4.72 (16.05~22.73)	0.19
Acrolein	14.94 \pm 11.48 (6.82~23.05)	19.72 \pm 2.32 (18.08~21.36)	12.35 \pm 7.00 (7.40~17.29)	13.90 \pm 5.72 (9.86~17.95)	0.53
Acetone	7.34 \pm 5.92 (3.16~11.53)	9.86 \pm 1.16 (9.04~10.68)	6.17 \pm 3.50 (3.70~8.65)	6.89 \pm 2.95 (4.80~8.97)	0.53
butyraldehyde	2.24 \pm 1.34 (1.30~3.19)	1.06 \pm 1.50 (ND~2.12)	ND	1.28 \pm 1.81 (ND~2.56)	0.38
Benzaldehyde	1.90 \pm 2.68 (ND~3.80)	ND	ND	ND	0.39

Table 5. VOCs concentration of indoor in building to space

unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Mean \pm S.D (Min~Max)				P-value
	Class-room 1	Class-room 2	Class-room 3	Practice-Room	
Benzene	4.63 \pm 3.42 (2.21~7.05)	4.49 \pm 0.29 (4.28~4.70)	5.27 \pm 4.72 (1.93~8.61)	7.83 \pm 0.97 (7.15~8.52)	0.57
Toluene	46.71 \pm 37.21 (20.40~73.02)	49.81 \pm 9.03 (43.43~56.20)	55.64 \pm 34.21 (31.44~79.83)	52.19 \pm 26.07 (33.76~70.63)	0.98
Ethylbenzene	30.17 \pm 31.21 (8.11~52.24)	22.38 \pm 15.57 (11.37~33.39)	29.10 \pm 30.51 (7.53~50.68)	36.60 \pm 40.07 (8.26~64.93)	0.88
Xylene	52.03 \pm 66.41 (5.07~98.99)	35.99 \pm 31.54 (13.69~58.30)	52.24 \pm 65.53 (5.91~98.57)	71.59 \pm 93.25 (5.65~137.52)	0.98
Styrene	59.37 \pm 77.14 (4.82~113.92)	86.07 \pm 111.44 (7.27~164.87)	111.45 \pm 145.37 (8.66~214.24)	208.61 \pm 287.76 (5.14~412.09)	0.76
TVOC	192.91 \pm 215.39 (40.61~345.22)	198.75 \pm 149.82 (92.81~304.69)	253.70 \pm 280.34 (55.47~451.93)	376.82 \pm 446.18 (61.32~692.32)	0.88

사하였다.

안구건조는 1차에서 오전과 오후를 비교한 결과 1일 노출에 따른 건성안 유발이 확인되었으며, 1차 측정 시 오전에 비해 오후에 눈물막 파괴점이 낮아져서 건조감이 심해졌다(Table 6). 2차 측정 시에도 오전에 비해 오후에 건조감이 심했다. 1차와 2차 측정을 비교한 결과, 2차 측정시

Table 6. Tear break-up time

unit: sec

	1st AM	1st PM	2nd AM	2nd PM
Mean	6.30	4.03	4.44	3.43
SD	2.47	1.20	1.07	0.80

SD: Standard deviation

의 오전은 1차에 비해 건조감이 심해졌다.

결막 충혈은 1차에서 오전과 오후를 비교해보면(1차 오전: 1차 오후), 상·하·내·외 측 모든 방향의 결막에서 오전에 비해 오후에 충혈 정도가 심해졌다(Table 7). 1차와 2차 측정을 비교한 결과, 오전(1차 오전: 2차 오전)과 오후(1차 오후: 2차 오후) 모두 2차 측정시기에 결막 충혈의 정도가 심해졌다.

5. 새집증후군 증상 설문 결과

새집증후군과 안통에 관한 설문은 항목별 세부평가를 위해 설문대답을 “예”, “아니오”로 나눠 건물 입주직후와 며칠 후 입실 시의 새집증후군 증상의 변화를 평가하였다. 새집증후군 증상 16항목의 증상발현이 건물 입주직후 시

Table 7. Conjunctival injection according to AM and PM

1st nasal AM	1st temporal AM	1st superior AM	1st inferior AM
2.64	2.42	1.85	2.03
0.48	0.50	0.44	0.43
1st nasal PM	1st temporal PM	1st superior PM	1st inferior PM
2.97	2.83	2.18	2.42
0.43	0.38	0.49	0.50
2nd nasal AM	2nd temporal AM	2nd superior AM	2nd inferior AM
2.83	2.55	2.00	2.30
0.38	0.50	0.43	0.50
2nd nasal PM	2nd temporal PM	2nd superior PM	2nd inferior PM
3.11	2.94	2.33	2.65
0.31	0.30	0.48	0.48

Scale: 0 (normal), 1 (trace), 2 (mild), 3 (moderate), 4 (severe)

70.3%였으나, 두 번째 입실 시 69.5%로 감소하였으나 통계적으로 유의성 있는 차이는 아니었다(Fig. 1). 또한 건물 입주직후와 며칠 후 두 번째 입실 했을 때의 새집증후군 증상에 대한 점수를 16항목에 대해 1점부터 4점까지 점수의 평균을 평가하였다. 건물 입주직후와 두 번째 입실 시 모두 총점수가 2.1로 증상에 대한 차이가 없는 것으로 조사되었다(Fig. 2).

고찰 및 결론

눈 건강은 환경오염 중에서도 실내 환경과 밀접한 관계가 있는 것으로 선행조사된 사례가 있다⁸⁾. 김⁹⁾도 실내공기 오염 실태 및 증상경험과의 관련성 연구를 통해 ‘눈이 빠근하거나 충혈된다’, ‘피곤하거나 졸리면 피로를 느낀다’, ‘눈이 마르거나 가렵거나 따갑다’ 등의 증상이 높게 나타났다고 보고하였다. 이처럼 실내 환경이 눈 건강에 미치는 영향력에도 불구하고, 지금까지 실내 환경오염이나 실내 환경의 중요성에 대한 인식은 하지 못하여 왔다¹⁰⁾.

안구증상 중 안구건조증상은 영구적인 안구질환과 실내 환경적 다양한 요인에 의해 유발되는 일시적인 증상으로 구분하는 것은 매우 중요한 일이다⁶⁾. 그러나 환경적인 측면에서 안구건조증에 대한 인과학적 접근은 일반적으로 실내공기오염을 인과적인 것으로 생각해 국내에는 연구된 것이 거의 없는 실정이다^{11,12)}. 최근에 조사한 자각증상의 연구에서 눈과 관련된 증상으로는 가려움, 따가움, 안구건조, 눈부심, 안구피로, 안구 충혈, 눈물, 일시적 시력저하 등이 있었다¹³⁾. 진¹⁴⁾은 건성안 환자의 병력을 보면 환경 변화에 따라 증상이 악화되고 이것이 중요한 진단의 암시가 될 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 새 건물의 실내공기질이 눈에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 새 건물 이용자를 대상으로 실내유해물질, 증상 설문 및 안구증상에 미치는 영향을 고찰하고, 새 건물에서의 실내공기질과 안구증상에 미치는 영향에 대해 평가하였다.

그 결과 알데하이드류의 경우 1, 2차 측정결과 비슷한 수준으로 조사되었으며, 휘발성유기화합물류는 2차 입주 시 보다 1차 입주 시 높게 조사되었다. 이는 실내공기오염을 유발시키는 휘발성 물질이 거주기간의 경과와 환기 등의 요인으로 휘발되었을 가능성을 나타내는 것으로 보인다. 장 등¹⁵⁾의 연구결과에서도 총휘발성 유기화합물의 경우 입주 후 2개월에서 10개월로 거주기간이 증가할수록 평균농도 837.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 566.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 점차 감소되는 경향을 보였으며, 대부분의 실내오염물질들은 신축 건물 입주 후 거주기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을

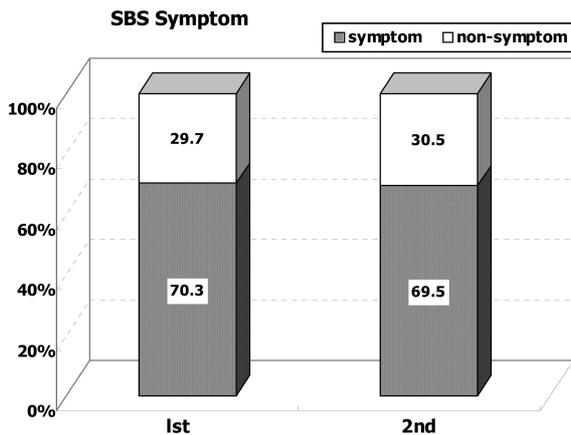


Fig. 1. Comparison of SBS symptom at symptom and non-symptom.

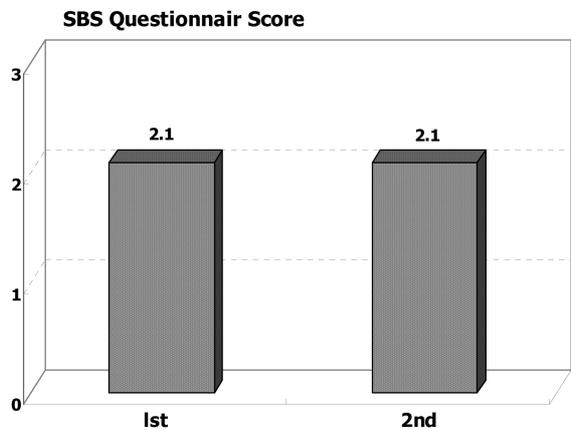


Fig. 2. The evaluation of SBS questionnaire score result.

나타냈다. 또한 선행 연구된 신축학교의 실내공기질의 폼알데하이드($34.6\sim 127.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$), 총휘발성 유기화합물($487.2\sim 1,715.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)와 비슷한 수준을 조사되었다^[4].

안구증상 등 임상평가에서 1차와 2차 노출에 따른 건성 안 유발이 확인되었으며, 1차와 2차 측정을 비교한 결과, 2차 측정시의 오전은 1차에 비해 건조감이 심해졌다. 또한 결막 충혈 평가결과 1차에 비해 2차시기에 심해졌다. 이는 안구증상에 영향을 미칠 수 있는 폼알데하이드의 경우 감소하기는 하였으나, 통계적으로 유의성 있는 만큼의 농도 차이는 아니었으므로, 개인에게 미치는 영향은 작다고 할 수 있다. 즉, 실내 유해물질에 의한 영향이라기보다는 개인적인 변수에 의한 영향으로 예측되며, 추후 개인변수를 통제된 정밀 평가가 요구된다.

선행연구에서는 사무실 건물의 실내공기 오염물질에서 폼알데하이드는 눈, 코, 기관지 등에 염증을 일으키고^[6], 호흡이 곤란해지고 심하게 눈물이 나며 코와 목, 눈에 타는 듯 한 자극이 오고 기침을 일으킨다고 하였다^[7]. 대표적인 새건물의 오염물질인 이러한 폼알데하이드는 특이한 냄새를 가지는 가연성, 무색의 기체로서 예민한 사람은 $6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 낮은 농도에서도 감지할 수 있으며^[8], 이전 문헌에서는 천식이 있는 어린이와 건강한 어린이를 대상으로 $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준의 폼알데하이드에 노출 후 최고 호기유속 테스트 결과에서 의미있는 결과를 제시하였다^[9]. 따라서 교실 안의 공기 질을 적정 수준으로 유지하여 편안한 시 환경을 만들기 위해서는 반드시 관리가 필요한 오염물질이다. 이러한 휘발성유기화합물류나 알데하이드류 외에 안구증상에 대한 실내공기질의 영향은 건물 내 환기상태와 온도 등 다양한 환경적 요소의 결과에 따라 차이가 발생할 수 있다^[14].

설문조사 대상자의 새집증후군 눈 증상 수준에 대하여 조사한 결과, 새집증후군 증상 16항목의 증상발현이 건물 입주직후 시와 두 번째 입실 시의 차이는 없는 것으로 조사되었다. 이는 시각적으로 나타나는 적극적인 실내 환경 개선 노력이 없었고, 대학생들을 대상으로 한 설문조사 성격상 중간 및 기말 시험 전후로 조사한 심리적, 환경적 요인도 작용하였을 것으로 판단된다. 이는 조사 시점에 대한 제한점이기도 하다. 추가적으로 본 연구의 참여자는 대부분이 여성(97%)이었고, 단기간의 설문조사와 실내공기 측정만으로 도출된 결과라는 한계점과, 실내 공기 이외에 안구 건조에 영향을 미칠 수 있는 일과 중의 변화를 고려하지 못한 제한점을 가지고 있으며, 증상에 대한 설문조사 결과는 개인적인 차이가 있으므로 불확실성이 존재한다.

이러한 연구결과로 미루어 새 건물 내 실내공기로 유발되는 안구증상을 줄이기 위해 실내 환경에서 장시간 지내는 학생이나 직장인들에게 나타날 수 있는 눈과 관련한

새집증후군 증상들을 미리 확인하여 눈 건강을 유지할 수 있도록 적극적인 예방이 필요하다. 또한 건물의 실내공기 중 휘발성 유해물질 뿐만 아니라 안구증상에 미치는 영향에 대한 다양한 연구가 앞으로 계속 되어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Kjærgaard S. K., The irritated eye in indoor environment. In: Spengler, J. D., Samet, J. M., and McCarthy, J. F. (eds) Indoor Air Quality Handbook, New York, McGraw-Hill, 17.1-17.15(2000).
- [2] Nichols K. K., Begley C. G., Caffery B., and Jones L. A., "Symptoms of ocular irritation in patients diagnosed with dry eye", *Optom. Vis. Sci.*, 76(12):838-844(1999).
- [3] Hodgson M., "Indoor environmental exposure and symptoms", *Environ Health Perspec*, 110(4):663-667(2002).
- [4] 김대섭, 김선주, 박시영, 전만중, 김규태, 김창윤, 정중학, 백성욱, 사공준, "신축학교 실내공기질이 초등학생들의 인지기능에 미치는 영향", *대한산업의학회지*, 19(1):73-80(2007).
- [5] Peder W., "Healthy eye in office-like environments", *Environment International*, 34(8):1204-1214(2008).
- [6] Wolkoff P., Nøjgaard J. K., Franck C., and Skov P., "The modern office environment desiccates the eyes?", *Indoor Air*, 16(4):258-265(2006).
- [7] 마기중, 박미정, 김효진, "콘택트렌즈 부작용", *엘스비어 코리아*, pp.316(2008).
- [8] 신희선, 오진주, "학령기 아동의 시력저하 실태 및 관련요인", *아동간호학회지*, 8(2):164-173(2000).
- [9] 김영미, "실내 근무환경 요인과 근로자의 증상경험과의 관련성", *연세대학교대학원 석사학위논문*, pp.25(2004).
- [10] 김윤신, "실내환경과학", 민음사, 서울, pp.46-59(1995).
- [11] Tsubota K., Kaido M., Yagi Y., Fujihara T., and Shimamura S., "Diseases associated with ocular surface abnormalities: the importance of reflex tearing", *Br. J. Ophthalmol.* January, 83(1):89-91(1999).
- [12] Doughty M. J., Blades K. A., and Ibrahim N., "Assessment of the number of eye symptoms and the impact of some confounding variables for office staff in non-air-conditioned buildings", *Ophthalm. Physiol. Opt.*, 22(2):143-255(2002).
- [13] Takigawa T., Usami M., Yamasaki Y., Wang B., Sakano N., Horike T., et al., "Reduction of Indoor Formaldehyde Concentrations and Subjective Symptoms in a Gross Anatomy Laboratory", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 74(6):1027-1033(2005).
- [14] 진경현, "겨울철이면 더 심해지는 목마른 눈", *경희의료원보, 경희의학*, 11:6-7(2006).
- [15] 장성기, 류정민, 서수연, 임정연, 이우석, "거주기간 증가에 따른 신축 공동주택의 실내오염도 변화추이", *한국분석과학회, 분석과학*, 20(6):453-459(2007).
- [16] Akbar K. F., Vaquerano M. U., Akbar K. M., and Bisesi M. S., "Formaldehyde exposure, acute pulmonary response

- and exposure control options in a gross anatomy laboratory”, *Am. J. Ind. Med.*, 26(1):61-75(1994).
- [17] Bender J. R., Mullin L. S., Graepel G. J., and Wilson W. E., “Eye irritation response of humans to formaldehyde”, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44(6):463-465(1983).
- [18] NRC (National Research Council), Formaldehyde and other aldehydes. National Academy Press, National Research Council, National Academy of Science, Committee on Aldehydes, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards(1981).
- [19] WHO (World Health Organization), Air quality guidelines. 2nd ed., Formaldehyde Chapter 5.8 pp.87-90(2001).

Impact of Indoor Air Quality on the Eye Conditions of Occupants in Newly-built University Buildings

Woo-Jae Kim, Sun-duk Kim*, Hyojin Kim**, Ho-Hyun Kim***, Cheol-Min Lee**** and Yoon-Shin Kim****

Department of public health, Graduate school of Hanyang University

*Integrated Environmental Research Group, Korea Environment Institute

**Department of Visual Optics, Division of Health Science, Baekseok University

***Graduate School of Public Health, Department of Environmental Health, Yonsei University

****The Institute for Environmental and Industrial Medicine, Hanyang University

(Received April 5, 2011; Revised June 1, 2011; Accepted June 18, 2011)

Purpose: This study was to find out the influence on eyes of indoor air quality in college students taking course, such as Sick-building syndrome symptoms and effects on the eye in new-built university buildings. **Methods:** We selected a new building in a university located in Metro Seoul and college students in a department for the study. The number of total participants was 33, to whom questionnaire surveys were conducted in advance to check individual traits (gender, age, whether to smoke, whether to wear contact lenses, or whether to drink). The first questionnaire surveys and checking of ocular symptoms to first indoor hazardous materials were conducted in October and two months later the second surveys and checking were carried out in December. The indoor air quality was measured when conducting the first questionnaire surveys and the second questionnaire surveys; especially measurements of gaseous materials such as aldehydes and VOCs in the indoor air were conducted. **Results:** Indoor air quality of the new building was as follows: formaldehyde level was $22.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the first measurement and $16.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the second measurement. In addition, most materials showed higher value in the first measurement. The level of TVOC was statistically significant ($p < 0.05$) decreased on $448.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the first and $62.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in the second. In clinical assessments to check ocular symptoms caused by eye irritations, dry eye syndrome was found in the first and second exposures. When comparing the first and second assessments, dry eyes deteriorated in the morning of the second attempt compared to the first one. **Conclusions:** In the survey of ocular symptoms and the measurement of indoor air quality, the level of formaldehyde was measured higher in the second attempt than the first; thus, it was confirmed the influence of indoor air quality in a new building upon ocular symptoms of occupants.

Key words: Indoor air, Dry eye syndrome, Sick-building syndrome, Volatile Organic Compounds, Formaldehyde