한국환경보건학회지, 제44권 제2호(2018)
J Environ Health Sci. 2018; 44(2): 143-152
pISSN: 1738-4087 eISSN: 2233-8616
https://doi.org/10.5668/JEHS.2018.44.2.143

원 저 Original articles

한국 학생들의 시간활동 양상 평가

류현수* · **윤효정**** · **엄익춘**** · **박진현*** · **김순신*,***** · **조만수*** · **양원호*†**
*대구가톨릭대학교 산업보건학과, **국립환경과학원 위해성평가연구과,
***순천향대학교 구미병원 유해가스노출 환경보건센터

Time-activity Pattern Assessment for Korean Students

Hyeonsu Ryu*, Hyojung Yoon, Igchun Eom**, Jinhyeon Park*, Sunshin Kim*,***, Mansu Cho*, and Wonho Yang*†**
**Department of Occupational Health, Daegu Catholic University, Gyeongbuk, Korea*
***Risk Assessment Division, National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea*
****Environmental Health Center for Hazardous Gas Exposure, Gumi Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Gyeongbuk, Korea*

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to provide basic data for air pollutant exposure modelling and understanding the contribution of respective microenvironments by assessing the time-activity patterns of Korean students according to variables such as grade, sex, weekday, and weekend.

Methods: In this study, we compared the residential time of 521 (both weekday and weekend) lower elementary students, 1,735 (1,054 on weekdays, 681 on weekends) upper elementary students, 2,210 (1,294 on weekdays, 916 on weekends) middle school students, and 2,366 (1,387 on weekdays, 979 on weekends) high school students in different microenvironments according to grade, sex, weekday, and weekend. We used data from the 2014 Time-Use Survey by the Korean National Statistical Office for upper elementary students through high school students, and surveyed time-activity patterns of 521 lower elementary students aged 7-9 years. Each microenvironment was divided into indoor, outdoor, and transport. Indoor environments were divided into home, school, and other places. In addition, the results of previous studies were compared to this study.

Results: Weekday time-activity patterns of Korean students indicated that lower elementary students spent 16.02±2.53 hr in the home and 5.37±2.32 hr in school. Upper elementary students spent 14.11±1.79 hr in the home and 6.27±1.37hr in school. Middle school students spent 12.83±2.22 hr in the home and 7.48±1.88 hr in school. High school students spent 10.65±2.86 hr in the home and 10.23±2.86 hr in school on weekdays. High school students spent the least amount of time in the home and the most time in school compared to other grades

Conclusions: Students spent most of their time indoors, including in the home, school, and other indoors. On weekdays, as the grade increases, home residential times were decreased and school residential times were increased. Differences in time-activity patterns according to sex were not found for either weekdays or weekends. It is estimated that Korean students could be affected by school indoor air quality. High school students could be most affected by school indoor air quality since they spent the most time at school.

Keywords: Time-activity patterns, student, exposure assessment, time-of-the-day

†**Corresponding author:** Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu, Gyeongsan, Korea, Tel: +82-53-850-3739, E-mail: whyang@cu.ac.kr
Received: 22 February 2018, Revised: 12 March 2018, Accepted: 20 March 2018

I. 서 론

학생들은 성인에 비해 단위체적당 활동량과 호흡량이 많으며, 신체 치수가 성인에 비해 상대적으로 작기 때문에 공기오염물질에 노출 및 건강위해성이 높을 수 있다.[1] 또한 신체와 정신의 성장발육이 왕성한 시기이기 때문에 보건학적으로 중요한 인구집단이며, 하루 24시간 중 대부분의 시간을 집과 학교 등 실내환경에서 학습 및 생활하고 있기 때문에 공기오염 물질 노출 측면에서 집과 학교의 실내공기질은 학생들의 건강에 큰 영향을 미칠 수 있다.[2] Hwang 등(2016)은 한국 대도시의 인구집단을 시간활동 양상에 따라 9개의 집단으로 구분하였으며, 이 중 학생집단은 다른 집단에 비해 명확한 특성을 나타냄을 확인하였다.[3] 학생들은 성별, 연령, 학교등급 등에 따라 시간 사용에 차이가 있으나 전반적으로 학업에 중점이 주어지고 있다.[4] 학교 건축물의 경우 일반적인 주거공간과 상업용 건축물에 비하여 단위면적당 재실자 밀도가 높고, 예산문제 등으로 인하여 설비가 노후화되어 있는 실정이다. 60~70 m^2 넓이의 교실 당 30명 이상의 학생들이 하루 중 5시간에서 많게는 10시간 이상 공동생활을 하기 때문에 학교의 실내공기질은 학생들의 건강에 더 큰 영향을 미칠 수 있다고 할 수 있다.[5] 또한, Ashmore와 Dimitroulopoulou (2009)의 연구에 따르면 공기오염물질에 대한 노출에서 어린이의 주된 시간활동 양상이 집, 학교, 차량이며 이것은 성인과 같지 않기 때문에 노출양상의 유의한 차이를 언급하며 각 국소환경에서 보낸 시간의 중요성을 강조하였다.[6]

노출은 일반적으로 오염원과 인간사이의 접촉으로 정의될 수 있으며, 노출평가는 평가 대상 실내외 공기오염물질에 대한 개인이나 집단의 환경에서 노출강도, 빈도 및 기간을 측정하고 평가하는 과정이다.[7] 인구집단을 대상으로 공기오염물질에 대한 노출량을 평가하기 위한 직접적인 노출측정은 한계점을 가지고 있다. 따라서 그 대안으로 활동공간의 공기오염물질 농도값(concentration)과 머무는 시간(time)을 시간가중평균 모델에 적용하여 간접적인 노출량을 추정하는 것이 이용되고 있다.[8] 따라서 공기오염물질 노출에 따른 건강영향을 보다 정확히 분석하기 위해 개인의 하루 24시간의 시간활동 양상(time-activity pattern)에 따라 특정 오염물에 노출되는 양을 측정하는 연구가 필요하며,[9] 실내농도와 시간활동 양상을 통해 개인노출을 예측할 수 있다.[10] 시간활동 양상은 노출계수(exposure factors) 중 중요한 구성 부분으로 개인 또는 인구집단이 일상생활에서 언제(time), 어디서(location), 어떤 활동(activity)을 했는지에 대한 자료로써 다양한 환경 유해인자의 노출을 평가하기 위한 위해도 관리 측면에서 핵심적 부분이며, 특히 공기오염물질 노출평가 및 노출 예측 모델에서 중요하게 적용될 수 있다.[8),11]

본 연구에서는 학생들의 시간활동 양상을 분석하여 학생들의 전반적인 주택, 학교 등 학생들이 어디에서 시간을 보내고 있는지를 파악하여 유해인자의 노출 모델 설계 및 각 국소환경의 노출에 대한 기여도를 파악하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다. 또한 선행된 연구결과와 본 연구에서 조사된 결과를 비교하여 고찰하였다.

II. 연구방법

본 연구에서는 통계청에서 제공하는 2014년 생활시간조사 자료(초등학교 4학년~고등학교 3학년)를 분석하였다.[12] 추가적으로 초등학교 1학년~3학년의 시간활동 양상 파악을 위하여 521명을 대상으로 시간활동 양상을 실측 조사하였다. 시간활동 양상 실측 조사 기간은 2014년에 방학 기간을 제외한 각 계절별(봄, 여름, 가을, 겨울)로 남녀 각각 대략 20명씩 추출하여 실측하였다. 조사 대상자는 전국을 대상으로 제곱근비례배분에 따른 층화표본추출방법(stratified sampling)을 이용하였다. 표본추출은 행정안전부의 2013년 주민등록인구통계를 활용하였으며 거주불명등록자는 제외하고 거주자만을 조사에 포함시켰다. 초등학생 저학년의 시간활동 양상 조사는 통계청의 생활시간조사와 같은 방법인 설문지와 시간활동일지를 이용하였다.[13]

통계청 생활시간조사는 5년을 주기로 실시하고 있으며, 12,000가구의 만 10세 이상 가구원 약 28,000명을 대상으로 하였다. 조사기간은 2014년 7월 16~30일(15일간), 9월 16일~10월 1일(16일간), 11월 25일~12월 10일(16일간)에 조사되었으며, 10분 간격으로 설계된 시간일지에 자신이 한 행동을 일기 쓰듯이 응답자가 2일 동안 직접 기입하는 방식으로 이루어졌다. 또한 3차례에 걸쳐 조사된 통계청의 생활시간

조사는 첫 번째 조사기간이 7월 16일~30일로 조사기간에 방학이 포함되어 있어, 데이터에 혼란을 가져올 변수로 작용할 수 있다는 제한점을 가지고 있었다. 따라서 방학기간인 학생들의 시간활동 양상의 변화와 각 학교의 방학 기간 등의 차이점에 의한 변수를 제어하기 위하여 설문조사에서 초등학교, 중학교, 고등학교에 재학 중에 있으며 평일 생활시간조사표 작성기간에 '등교'로 응답한 4,256명과 주말 3,097명에 대한 시간활동 자료를 추출하여 분석하였다. 조사 결과는 초등학생 저학년(만 7~9세), 초등학생 고학년(만 10~12세), 중학생, 고등학생 4분류의 연령별, 성별, 평일과 주말로 나누어 각 국소환경의 재실시간을 비교하였다. 각 국소환경은 크게 실내환경, 실외환경, 이동수단(자전거, 개인교통, 공공교통, 기타교통)으로 구분하였으며, 실내환경은 주택실내, 학교실내, 기타실내로 구분하여 학생들이 머무르는 시간과 시간에 따른 머무르는 공간비율을 분석하였다. 추가적으로, 본 연구와 관련된 국·내외 연구문헌을 조사하여 선행된 연구결과와 본 연구에서 조사된 결과를 비교하였다.

III. 연구결과

1. 한국 학생들의 평일과 주말 시간활동 양상

우리나라 학생들을 4개의 군집인 초등학교 저학년과 고학년, 중학생, 고등학생으로 구분하여 평일과 주말의 시간활동 양상 결과를 Table 1에 나타내었다.

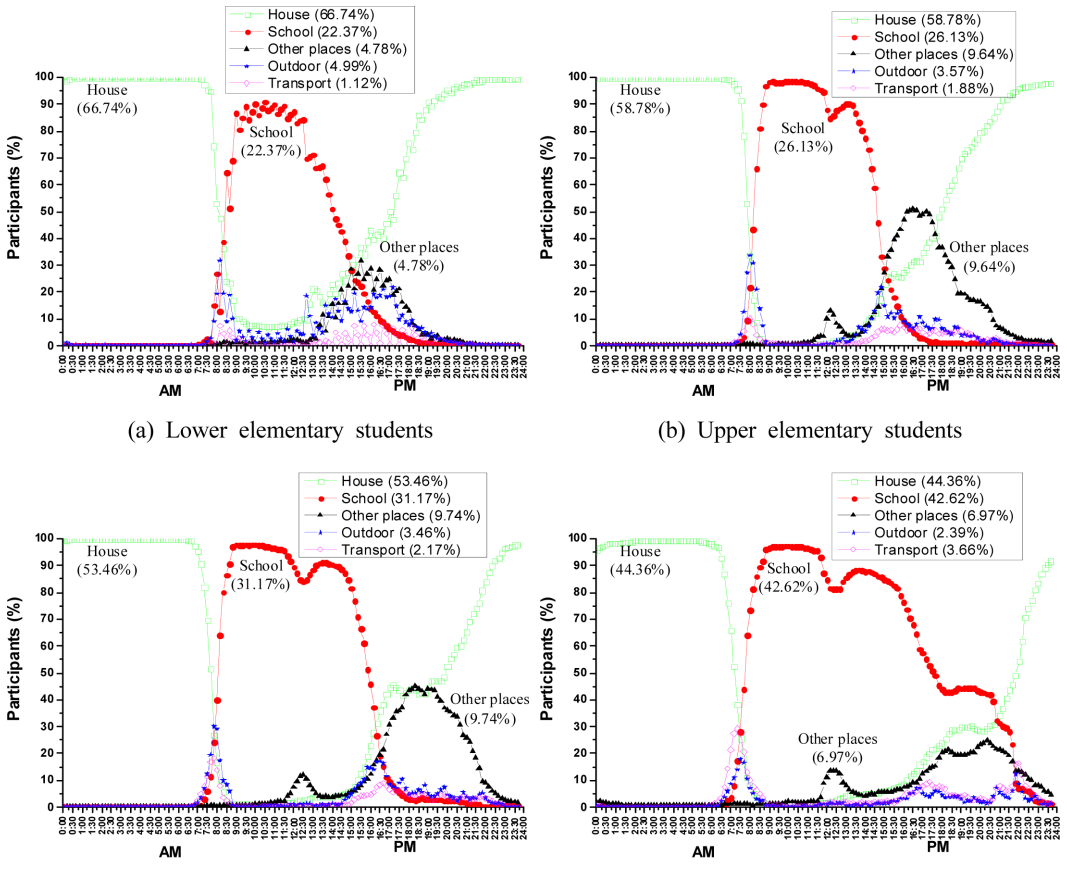
초등학생 저학년은 평일 하루 중 16.02±2.53 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교에서 5.37±2.32 hr, 기타실내에서 1.15±1.24 hr를 보내는 것으로 나타났다. 실외에서 소요하는 시간은 1.20±1.26 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.07±0.21 hr, 공공교통 0.15±0.33 hr이었다. 주말은 주택실내에서 19.75±3.40 hr를 생활하였으며, 학교 및 기타 실내환경에서는 각각 0.21±1.10, 1.89±2.75 hr, 실외에서는 1.63±1.91 hr 머물렀으며, 이동수단에서는 개인교통 0.36±0.66 hr, 공공교통 0.04±0.19 hr이었다. 초등학생 저학년은 다른 연령대에 비해서 주택실내에서 머무르는 시간이 가장 높았으며, 학교와 기타 실내에서 머무르는 시간은 가장 적었다. 초등학생 고학년은 평일 하루 14.11±1.79 hr를 주택실내에서 생활하였으며,

Table 1. Time-activity patterns (hr) of students by grade on weekday and weekend

	Microenvironments		Elementary school students		Middle school students	High school students
			Lower grades (7~9 years)	Upper grades (10~12 years)		
			(Weekday, n=521) (Weekend, n=521)	(Weekday, n=1,054) (Weekend, n=681)	(Weekday, n=1,294) (Weekend, n=916)	(Weekday, n=1,387) (Weekend, n=979)
Weekday	Indoor	House	16.02±2.53	14.11±1.79	12.83±2.22	10.65±2.86
		School	5.37±2.32	6.27±1.37	7.48±1.88	10.23±3.57
		Others	1.15±1.24	2.31±1.52	2.34±1.93	1.67±2.29
	Outdoor		1.20±1.26	0.86±0.50	0.83±0.57	0.57±0.51
	Transport	Bicycling	0.05±0.18	0.03±0.18	0.04±0.19	0.03±0..19
		Private	0.07±0.21	0.13±0.34	0.11±0.31	0.12±0.29
		Public	0.15±0.33	0.07±0.27	0.22±0.47	0.56±0.74
		Others	-	0.22±0.50	0.15±0.43	0.17±0.44
Weekend	Indoor	House	19.75±3.40	17.94±4.94	18.60±4.22	17.02±5.11
		School	0.21±1.10	0.26±1.04	0.22±1.14	1.09±2.88
		Others	1.89±2.75	4.35±4.16	4.05±3.57	4.48±4.27
	Outdoor		1.63±1.91	0.36±0.47	0.50±0.56	0.50±0.57
	Transport	Bicycling	0.11±0.31	0.00±0.05	0.03±0.21	0.00±0.02
		Private	0.36±0.66	0.81±1.18	0.36±0.79	0.37±0.84
		Public	0.04±0.19	0.13±0.48	0.20±0.59	0.48±0.82
		Others	-	0.14±0.75	0.04±0.20	0.06±0.37

학교 6.27±1.37 hr, 기타실내 2.31±1.52 hr를 보내는 것으로 나타났다. 실외에서 소요하는 시간은 0.86±0.50 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.13±0.34 hr, 공공교통 0.07±0.27 hr이었다. 주말은 주택실내에서 17.94±4.94 hr를 생활하였으며, 학교 및 기타실내에서 각각 0.26±1.04, 4.35±4.16 hr, 실외에서 소요하는 시간은 0.36±0.47 hr, 이동수단에서는 개인교통 0.81±1.18 hr, 공공교통 0.13±0.48 hr이었다.

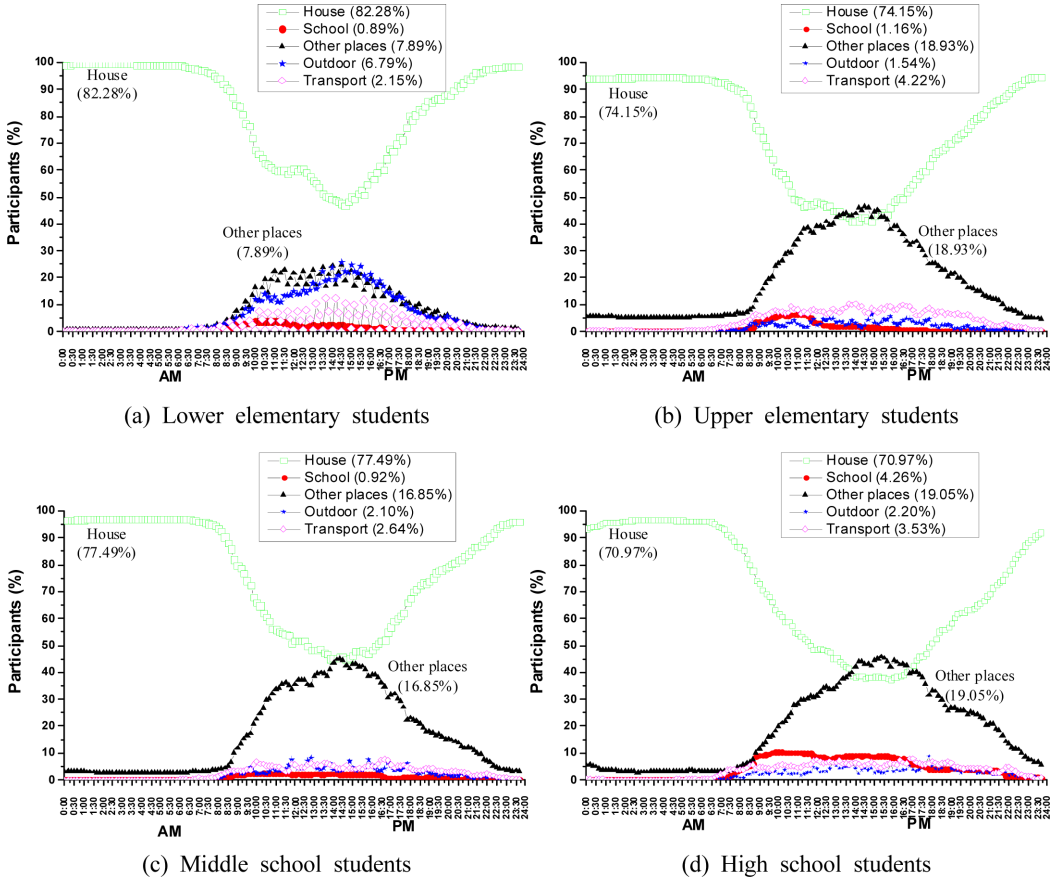
중학생은 평일 하루 12.83±2.22 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교 7.48±1.88 hr, 기타실내 2.34±1.93 hr를 보내는 것으로 나타났다. 실외에서 소요하는 시간은 0.83±0.57 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.11±0.31 hr, 공공교통 0.22±0.47 hr이었다. 주말은 주택실내에서 18.60±4.22 hr를 생활하였으며, 학교 및 기타 실내환경에서 각각 0.22±1.14 hr, 4.05±3.57 hr, 실외에서 소요하는 시간은 0.50±0.56 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.36±0.79 hr, 공공교통 0.20±0.59 hr이었다. 고등학생은 평일 하루 10.65±2.86 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교 10.23±3.57 hr, 기타실내 1.67±2.29 hr를 보내는 것으로 나타났다. 고등학생은 초등학생, 중학생에 비해서 주택실내에서 머무르는 시간이 가장 적었으며, 학교에서 머무르는 시간이 가장 높았다. 실외에서 소요하는 시간은 0.57±0.51 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.12±0.29 hr, 공공교통 0.56±0.74 hr이었다. 주말은 주택실내에서 17.02±5.11 hr를 생활하였으며, 학교 및 기타실내에서 각각 1.09±2.88, 4.48±4.27 hr, 실외에서 소요하는 시간은 0.50±0.57 hr이었으며, 이동수단에서는 개인교통 0.37±0.84 hr, 공공교통 0.48±0.82 hr이었다.



(a) Lower elementary students (b) Upper elementary students

(c) Middle school students (d) High school students

Fig. 1. Percentage of school students in microenvironments by the time of day in weekday



(a) Lower elementary students (b) Upper elementary students

(c) Middle school students (d) High school students

Fig. 2. Percentage of school students in microenvironments by the time of day in weekend

학생들의 시간의 흐름에 따른 평일과 주말의 시간대별 활동양상 그래프를 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 평일 하루 중 초등학생 저학년은 주택실내에서 평균 66.74%, 학교실내에서 22.37%, 기타 실내에서 4.78%, 실외에서 4.99%, 이동수단에서는 1.12%를 생활하였다. 주말 하루 중 보내는 공간 비율은 주택실내에서 평균 82.28%, 학교실내에서 0.89%, 기타 실내에서 7.89%, 실외에서 6.79%, 이동수단에서는 2.15%를 생활하였다. 초등학생 고학년은 평일 하루 중 주택실내에서 평균 58.78%, 학교실내에서 26.13%, 기타 실내에서 9.64%, 실외에서 3.57%, 이동수단에서는 1.88%를 생활하였다. 주말 하루 중 보내는 공간 비율은 주택실내에서 평균 74.15%, 학교실내에서 1.16%, 기타 실내에서 18.93%, 실외에서 1.54%, 이동수단에서는 4.22%를 생활하였다. 중학생은 주택실내에서 평균 53.46%, 학교실내에서 31.17%, 기타 실내에서 9.74%, 실외에서 3.46%, 이동수단에서는 2.17%를 생활하였다. 주말 하루 중 보내는 공간 비율은 주택실내에서 평균 77.49%, 학교실내에서 0.92%, 기타 실내에서 16.85%, 실외에서 2.10%, 이동수단에서는 2.64%를 생활하였다. 고등학생은 주택실내에서 평균 44.36%, 학교실내에서 42.62%, 기타 실내에서 6.97%, 실외에서 2.39%, 이동수단에서는 3.66%를 생활하였다. 주말 하루 중 보내는 공간 비율은 주택실내에서 평균 70.97%, 학교실내에서 4.26%, 기타 실내에서 19.05%, 실외에서 2.20%, 이동수단에서는 3.53%를 생활하였다.

2. 한국 학생들의 성별에 따른 평일과 주말 시간활동 양상

우리나라 학생들의 성별에 따른 평일 시간활동 양상을 Table 2에 나타내었다. 초등학교 저학년 남학

Table 2. Time-activity patterns (hr) of students by grade on weekday according to sex

	Microenvironments		Elementary school students		Middle school students	High school students
			Lower grades (7~9 years)	Upper grades (10~12 years)		
			(Boy, n=264) (Girl, n= 257)	(Boy, n=569) (Girl, n= 485)	(Boy, n=665) (Girl, n= 629)	(Boy, n=750) (Girl, n= 637)
Boys	Indoor	House	16.18±2.54	14.03±1.78	12.78±2.21	10.61±2.89
		School	5.23±2.22	6.29±1.39	7.44±1.80	10.34±3.60
		Others	1.14±1.15	2.38±1.52	2.45±2.03	1.61±2.18
	Outdoor		1.20±1.34	0.85±0.51	0.83±0.58	0.57±0.53
	Transport	Bicycling	0.05±0.16	0.05±0.23	0.06±0.24	0.05±0.26
		Private	0.07±0.22	0.11±0.31	0.11±0.28	0.10±0.26
		Public	0.13±0.26	0.06±0.24	0.20±0.44	0.53±0.69
		Others	-	0.23±0.48	0.14±0.45	0.18±0.48
Girls	Indoor	House	15.85±2.50	14.20±1.80	12.89±2.22	10.69±2.84
		School	5.52±2.41	6.25±1.34	7.53±1.95	10.09±3.53
		Others	1.15±1.32	2.24±1.52	2.22±1.81	1.75±2.41
	Outdoor		1.19±1.17	0.86±0.49	0.83±0.56	0.58±0.49
	Transport	Bicycling	0.24±1.02	0.01±0.10	0.01±0.11	0.00±0.04
		Private	0.38±1.01	0.15±0.38	0.12±0.33	0.14±0.31
		Public	0.86±1.89	0.09±0.29	0.24±0.49	0.59±0.78
		Others	-	0.20±0.52	0.16±0.40	0.16±0.39

생은 평일 하루 중 16.18±2.54 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교 5.23±2.22 hr, 실외 1.20±1.34 hr를 보냈다. 여학생은 주택실내에서 15.85±2.50 hr를 생활하였으며, 학교 5.52±2.41 hr, 실외 1.19±1.17 hr를 보냈다. 고등학교 남학생은 평일 하루 10.61±2.89 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교 및 실외환경에서 각각 10.34±3.60, 0.57±0.53 hr를 이동시간은 개인교통 0.10±0.26 hr, 공공교통 0.53±0.69 hr이었다. 여학생은 주택실내에서 10.69±2.84 hr를 생활하였으며, 학교 및 실외환경에서 각각 10.09±3.53 hr, 0.58±0.49 hr, 이동시간은 개인교통 0.14±0.31 hr, 공공교통 0.59±0.78 hr 이었다.

우리나라 학생들의 성별에 따른 주말 시간활동 양상을 Table 3에 나타내었다. 초등학교 저학년 남학생은 주말 하루 중 19.68±3.28 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 실외에서 소요하는 시간은 1.65±1.79 hr이었다. 여학생은 주택실내에서 19.81±3.52 hr를 생활하였으며, 실외에서 소요하는 시간은 1.18±1.70 hr이었다. 초등학교 고학년 남학생은 주말 하루 중 17.67±4.89 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 여학생은 주택실내에서 17.95±4.94 hr를 생활하였다. 중학교 남학생은 주말 하루 중 18.62±4.32 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 여학생은 주택실내에서 18.57±4.13 hr를 생활하였다. 고등학교 남학생은 주말 하루 17.04±4.64 hr를 주택실내에서 생활하였으며, 학교에서 0.96±2.59 hr를 보내는 것으로 나타났다. 여학생은 주택실내에서 17.02±5.11 hr를 생활하였으며, 학교에서 각각 1.09±2.88 hr를 보내는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

우리나라 학생들은 평일과 주말 모두 실내환경에서 많은 시간을 보내고 있었다. 공통적으로 주택실내에서 가장 많은 시간을 보내고 있었으며 평일에 비해 주말에 주택실내에서 머무르는 시간이 상대적으로 높았다. 또한 연령(학년)이 증가할수록 평일 주택실내 재실시간은 감소하고, 학교에서 보내는 시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 학년의 증가에 따른 교육과정의 변화가 원인으로 추측되며,

Table 3. Time-activity patterns of students by grade on weekend according to sex

	Micro-environments		Elementary school students		Middle school students	High school students
			Lower grades (7~9 years)	Upper grades (10~12 years)		
			(Boys n=264) (Girls n=257)	(Boys n=362) (Girls n=319)	(Boys n=429) (Girls n=487)	(Boys n=510) (Girls n=469)
Boys	Indoor	House	19.68±3.28	17.67±4.89	18.62±4.32	17.04±4.64
		School	0.23±1.06	0.29±1.17	0.27±1.19	0.96±2.59
		Others	1.85±2.69	4.72±4.28	4.05±3.73	4.65±3.86
	Outdoor		1.65±1.79	0.38±0.50	0.50±0.56	0.56±0.56
	Transport	Bicycling	0.13±0.34	0.04±0.19	0.06±0.29	0.04±0.22
		Private	0.41±0.78	0.64±1.03	0.27±0.62	0.24±0.66
		Public	0.05±0.22	0.14±0.86	0.17±0.66	0.46±0.92
		Others	-	0.12±0.44	0.04±0.23	0.05±0.28
Girls	Indoor	House	19.81±3.52	17.94±4.94	18.57±4.13	17.02±5.11
		School	0.20±1.14	0.26±1.04	0.18±1.10	1.09±2.88
		Others	1.94±2.81	4.35±4.16	4.04±3.42	4.48±4.27
	Outdoor		1.62±2.04	0.36±0.47	0.50±0.56	0.50±0.57
	Transport	Bicycling	0.10±0.28	0.00±0.05	0.00±0.06	0.00±0.02
		Private	0.30±0.51	0.81±1.18	0.44±0.91	0.37±0.84
		Public	0.03±0.17	013±0.48	0.22±0.52	0.48±0.82
		Others	-	0.14±0.75	0.04±0.16	0.06±0.37

우리나라의 단위 수업 시간은 초등학교 40분, 중학교 45분, 고등학교 50분이며, 일일 수업 시간은 초등학교 1, 2학년이 2.93 hr, 3, 4학년 3.47 hr, 5, 6학년 3.87 hr, 중학교가 4.80 hr, 고등학교가 5.67 hr 이다.[14)]

본 연구의 결과와 선행된 Yang(2014) 등 연구결과[2)]의 평일 시간활동 양상을 비교하면, 초등학생 고학년은 주택실내에서 각 14.11 hr와 14.03 hr, 기타실내에서 8.58 hr와 8.06 hr, 실외에서 0.86 hr와 0.60 hr, 이동수단에서 0.45 hr와 1.31 hr를 보냈으며, 중학생은 주택실내에서 12.83 hr와 12.53 hr, 기타 실내에서 9.82 hr와 9.50 hr, 실외에서 0.83 hr와 0.54 hr, 이동수단에서 0.52 hr와 1.42 hr를 보냈고, 고등학생은 주택실내에서 10.65 hr와 9.84 hr, 기타 실내에서 11.90 hr와 12.11 hr, 실외에서 0.57 hr와 0.68 hr, 이동수단에서 0.88 hr와 1.36 hr으로 차이를 나타내었다. 이것은 Yang(2014) 등의 결과가 2009년 통계청 생활시간조사 결과를 분석하였기 때문인 것으로 생각한다. 반면 공통적으로 연령이 증가할수록 평일 주택실내 재실시간은 감소하고, 학교에서 보내는 시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

Briggs 등의 9세~13세 영국 학생들의 시간활동 양상 연구 결과에서는 평균 주택실내 머무름 시간은 14.8 hr (61.7%), 기타실내 7.5 hr (31.3%), 이동수단 1.3 hr (5.42%)를 나타내었고,[15)] Conrad 등의 본 연구결과인 14.19 hr (61.7%), 기타실내 8.5 hr (35.4%), 이동수단 0.45 hr (1.9%)와 비교하여 볼 때, 우리나라 학생들이 학교에서 보내는 시간이 많음을 알 수 있었다. 이것은 우리나라 학생들은 학교 실내공기질에 건강영향을 받을 가능성이 높음을 의미한다. 고등학생의 경우 학교에서 가장 많은 시간을 보내기 때문에 학교 실내공기질에 대하여 건강영향을 가장 많이 받을 것으로 예상된다. 고등학생이 학교에서 머무르는 시간이 가장 높은 것은 정규 수업 시간의 차이뿐만 아니라, 방과 후 자율학습 등의 수업으로 머무르는 시간이 높았을 것으로 추정할 수 있다. 교육부(2013)에 따르면 우리나라의 고등학생은 수업을 마친 후 방과 후 수업이나 자율학습 등으로 인해 실제로 학교에 머무는 시간이 14시간 이상에 이르는 경우도 있으며, 수업 시간 이전과 이후에 하는 활동

이 다른 나라와 달리 주로 학업과 관련된 활동을 하는 것으로 나타났다.[14] 또한 고등학생이 주말에 학교에서 머무르는 시간이 다른 연령대에 비해 높게 나왔으며, 이것은 주말 자율학습에 의한 것으로 판단된다.

모든 연령대에서 평일과 주말 모두 주택실내 재실시간이 가장 높은 것으로 나타났으나 종합적인 노출평가 관리 차원에서 볼 때, 학교는 주택보다 단위면적당 재실 밀도가 높으며, 학교는 공기질 개선이 가능하다는 공공적 측면에서 학교의 공기질의 관리가 중요하다고 할 수 있다.[2]

또한 국내의 연구사례에서 학교에서 PM_{10}, CO_2, 등이 학교보건법 기준 농도(PM_{10} 100 μg/m^3, CO_2 1000 ppm)를 초과한 사례가 있다.[16-18] 학교 교실의 실내공기질은 어린이의 건강과 출석률에 영향을 줄 수 있으며, 실내공기질이 양호한 학교에서는 결석률이 15% 감소하며 시험성적이 5% 증가하는 것으로 보고되었다.[19] Sundell은 학교 교실의 이산화탄소(CO_2)농도가 1000 ppm 증가할 때, 결석률이 10~20% 증가하는 것을 보고하였고,[20] Rosen과 Richardson은 학교 교실에 전기집진장치를 이용한 공기정화기를 설치하여 학생들의 결석률을 감소시켰다.[21]

또한 연령이 증가할수록 평일 이동수단에서 보내는 시간이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 2014년 기준 초등학교 5,934개, 중학교 3,186개, 고등학교 2,326개로 각 교육기관의 수가 점점 감소하기 때문에 학생들이 등하교를 위한 이동거리가 늘어났기 때문인 것으로 판단된다.[22] 이동수단에서는 공공교통을 이용하는 시간이 높게 나타났으며 고등학생에서 뚜렷하게 나타났다. 그러나 주말의 경우 이동수단에서 보내는 시간은 연령에 관계없이 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이것은 주말에는 학생들이 등교하지 않기 때문인 것으로 판단되며, 등교여부가 평일의 학교, 주택실내, 이동수단에서 보내는 시간에 영향을 미침을 알 수 있다. 그러나 통계청의 자료에서 지하철, 버스, 자가용 등 공공교통의 자세한 구분은 제공되지 않았으며, 각 이동수단의 승차장소가 상이한 점을 고려하면 이러한 요소들을 차후 상세한 조사가 필요할 것으로 생각한다.

학생들의 평일과 주말의 시간대별 활동양상 그래프를 비교하였을 때 연령별로 서로 다른 시간양상을 보이는 것을 알 수 있었다. 초등학생 저학년과 고학년의 차이가 있음을 알 수 있으며, 이를 통해 향후 연구에서 초등학생 집단에 대한 분류가 필요함을 확인할 수 있었다. 공통적으로 평일에 비해 주말에는 주택실내, 기타실내, 실외에서 보내는 공간 비율이 높아졌음을 알 수 있다. 연령에 따른 시간활동 양상 그래프를 분석한 결과, 평일의 경우 연령이 증가할수록 학교 재실 비율의 감소 시각과, 주택 재실 비율의 증가 시각이 더 늦어지는 것을 확인할 수 있었다. 이것을 통해 연령이 증가함에 따라 학생들의 하교시간이 점점 더 늦어짐을 시각적으로 확인할 수 있었다. 또한, 학생들의 등교시간, 즉 학교 재실시간이 증가하는 시각에 이동수단에서 보내는 시간이 증가함을 확인할 수 있었으며, 이것은 등교가 이동수단 이용의 주 목적임을 의미한다.

기타실내환경과 이동수단에서 보낸 시간활동 양상은 초등학생 고학년부터 증가하기 시작하는 것을 알 수 있다. 이것을 통해 초등학생 고학년부터 학원 이용이 본격적으로 시작됨을 알 수 있다. 본 연구에서 조사된 기타 실내환경은 대부분 학원일 것으로 판단되며, 따라서 학원 등의 실내공기질 개선도 함께 고려되어야 할 것으로 판단할 수 있다.

성별에 따른 시간활동 양상의 두드러진 차이는 평일과 주말 모두에서 확인할 수 없었다. 독일에서 André Conrad 등이 독일 아동 환경 조사(The German Environmental Survey for Children (GerES IV)) 자료를 활용하여 3세부터 14세까지의 어린이 1,670명을 대상으로 한 연구에서도, 성별에 따른 시간활동 양상의 차이는 없는 것으로 나타났다.[23]

통계청 생활시간 조사 자료는 노출평가를 목적으로 조사된 자료는 아니기 때문에 각 활동이 발생한 구체적인 장소에 대한 정보를 제공하지 못하며, 그 장소의 위치가 실내인지 실외인지 구분이 되어 있지 않다는 제한점이 있다.[13] 연구결과에 따르면 학생은 대부분의 시간을 주택실내와 학교에서 보내며, 학교에서의 활동양상은 학교 자체 교육과정에 의해 진행되기 때문에 큰 변동이 없을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구결과는 학생들의 노출평가를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 추가적으로 학생들의 시간활동 양상이 달라지는 방학기간에 대한 학생들의 시간활동 양상을 분석하여 학업 외에 학생들의 시간활동 양상에 영향을 미치는 요인을 분석하여야 할 것으로 생각한다.

V. 결 론

본 연구에서는 통계청에서 제공하는 2014년 생활시간조사 자료(초등학생 4학년~고등학생 3학년)를 분석하고 초등학교 저학년(초등학교 1학년~3학년) 521명을 대상으로 시간활동 양상을 조사하여 국내외에서 보고된 연구논문을 고찰하여 학생들의 학교, 주택실내, 기타 장소의 재실 시간을 비교하였다. 연령, 평일과 주말 등의 변수에 따라 시간활동 양상의 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 학생들은 주택실내를 비롯한 학교, 학원 등의 실내 환경에서 많은 시간을 생활하는 것을 볼 수 있으며, 실외농도 보다 실내농도가 잠재적으로 개인노출에 기여할 가능성이 높은 것으로 판단된다. 평일의 경우 연령이 증가할수록 학교와 이동수단에서 보내는 시간은 늘어났으며, 주택실내에서 보내는 시간은 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 주말의 경우 각 국소환경에서의 시간과 연령은 무관하게 나타나 학생들의 시간활동 양상은 등교 여부에 영향을 받은 것을 알 수 있었다.

학생들은 1일 중 주택실내와 학교에서 보내는 시간이 많으며, 외국의 사례와 비교하여도 외국의 학생들에 비해 학교 및 기타 실내환경에서 보내는 시간이 높게 나타났다. 이것은 유해인자에 대한 노출의 주요 활동공간을 의미하며, 학습하는 장소의 공기질이 유해인자의 노출에 영향을 줄 수 있음을 나타낸다. 본 연구는 학생의 특성에 따른 인구집단의 시간활동 양상을 분석하고, 평일과 주말 주요 국소환경에 머무르는 시간을 평가하여, 미세먼지 등과 같은 실내 공기 유해인자의 총 노출에서 각 국소환경의 노출 기여 정도를 파악하기 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 환경부의 재원으로 국립환경과학원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIER-2017-01-02-020).

References

1. Landrigan, P. J., Environment hazards for children in USA. *International Journal of Occupational Medicine Environmental Health.* 1998; 11(2): 189-194.
2. Yang W. Time-activity Pattern of Students and Indoor Air Quality of School. *Journal of Korean Institute of Educational Facilities*. 2014; 21(6): 17-22.
3. Hwang, Y, Lee K, Yoon C, Yang W, Yu S, Kim G. Determination of Similar Exposure Groups Using Weekday Time Activity Patterns of Urban Populations. *Korean Journal of Environmental Health.* 2016; 42(6): 353-364
4. Kim O, Park E. A Comparative Study of Time Use Differences between Korean and American High School Students. *Journal of Korean Home Management Association*. 2012; 30(4): 119-132.
5. Jung J, Park D, Jeon H, Song H, Lee M. A Study of Indoor Air Quality of School Classrooms. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2015; 16(5): 3643-3652.
6. Ashmore M R, Dimitroulopoulou C. Personal exposure of children to air pollution. *Atmospheric Environment.* 2009; 43: 126-141.
7. US EPA, Exposure Factors Handbook I, General Factors. 1997; EPA (600): 95-002Fa.
8. Sexton K, Mongin SJ, Adgate JL, Pratt GC, Ramachandran G, Stock TJ, et al. Estimating volatile organic compound concentrations in selected microenvironments using time-activity and personal exposure data. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A* 2007; 70: 465-476.
9. Schwab M, Steven DC, Spengler JD, and Ryan PB. Activity patterns applide to pollutant exposure assessment: data from a personal monitoring study in Los Angeles. *Toxicology and industrial Health.* 1990; 6(6): 517-532.
10. Noy D, Brunekreef B, Boleij JSM., Houthuijs D, De Koning R. The assessment of personal exposure to nitrogen dioxide in epidemiological studies. *Atmospheric Environment.* 1990; 24(12): 2903-2909.
11. Liu W, Zhang J, Korn LR, Zhang L, Weisel CP, Turpin B, et al. Predicting personal exposure to airborne carbonyls using residential measurements and time/activity data. *Atmospheric Environment.* 2007; 41(25): 5280-5288.
12. Korean National Statistical Office. Time use survey. 2014.
13. National Institute of Environmental Research. Korean Exposure Factors Handbook for children. 2016. 133-151
14. Korean Ministry of Education. An international comparison study on school curriculum and lesson hour. 2013. 127-139

15. Briggs D J, Denman A R, Gulliver J, Marley R F, Kennedy C A, Philips P S, et al. Time activity modelling of domestic exposures to radon. *Journal of Environmental Management.* 2003; 67: 107-120.
16. Jung J, Park D, Jeon H, Song H, Lee M. A Study of Indoor Air Quality of School Classrooms. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2015; 16(5): 3643-3652
17. Sohn J, Roh M, Son B. The Assessment of Survey on the Indoor Air Quality at Schools in Korea. *Korean Journal of Environmental Health.* 2006; 32(2): 140-148.
18. Choi S. The Effect of Outdoor Air and Indoor Human Activity On Mass Concentration of Size-Selective Particulate in Classrooms. *Korean Journal of Environmental Health.* 2008; 34(2): 137-147
19. United States Environmental Protection Agency. Why Healthy School Environments are Important. Available: https://www.epa.gov/schools/why-healthy-school-environments-are-important [accessed 22 February 2018]
20. Shendell D G, Prill R, Fisk W J, Apte M G, Blake D, Faulkner D. Association between CO_2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air.* 2014; 14: 333-341.
21. Rosen K G, Richardson G. Would removing indoor air particulates in children's environments reduce rate of absenteeism. A hypothesis. *Science of Total Environment.* 1999; 234: 87-93.
22. National Statistical Office. Basic statistics of education. Available: http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01#SelectStatsBoxDiv [accessed 22 February 2018]
23. André C, Margarete S, Andreas H, David Q, Martin S, David G. The German Environmental Survey for Children (GerES IV): Reference values and distributions for time-location patterns of German children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health.* 2013; 216(1): 25-34.