

서울 지하철을 이용하는 승객들의 비악성 호흡기질환과 졸음 증상 유병률 분석

박동욱[†] · 진구원 · 류경남
한국방송통신대학교 환경보건학과

Analysis on Non-malignant Respiratory and Drowsiness Rate Symptom for Passengers Using Subway in Seoul

Park Donguk[†] · Jin Kuwon · Yoo Kyongnam

Department of Environmental Health, Korea National Open University

(Received September 10, 2006/Accepted October 25, 2006)

ABSTRACT

A self-administrated non-malignant respiratory symptoms questionnaire was sent to 1,099 citizens who take subway running in Seoul city. Symptom prevalence rate was high: 70.6% of subjects reported "chest tightness", 43.4%, "dysphnea"; 76.2%, "dry cough"; 49.5%, "runny nose"; 94.4%, "drowsiness" when they take subway. The groups responding significant higher respiratory and drowsiness symptoms were "young passengers" (vs elderly passengers), "the female" (vs male), "using subway everyday" (vs often), "using subway for rush-hour time" (vs other than rush-hour), "using transfer subway" (no transfer), "using underground track" (vs ground track). Logistic regression model was employed to find personal and subway characteristics affecting non-malignant respiratory symptoms. This study concluded that respiratory diseases history such as asthma, rhinitis, sinusitis, hypersensitivity pneumonitis significantly affect "dry cough" and "runny nose". Thus, passengers with respiratory diseases history shows 2.8 times greater "dry cough" than and 3.4 times greater "runny nose" than those passengers without respiratory diseases history felt. This results indicated that several measures have to take to protect sensitive groups such as passengers with respiratory diseases, children and elderly people. Also passenger who use to transfer shows 1.7 times higher runny nose symptoms than that passenger who do not transfer felt.

Keywords: subway, non-malignant respiratory symptoms, drowsiness, runny nose, dysphnea, chest tightness

I. 서 론

시민들이 이용하는 지하철 환경에서 비악성(non-malignant) 호흡기질환에 영향을 줄 수 있는 주요 오염물질은 미세먼지와 박테리아, 곰팡이 등이다. 이외에도 다른 외부환경에서 지하철로 유입되는 각종 자극 가스(오존, 황산화물 등) 등이 있을 수 있다.

서울시 지하철 승강장이나 객차에서 발생하는 오염물질의 농도와 관련되는 연구는 많지는 않지만 꾸준히 보고되고 있다.¹⁻⁵⁾ 그러나 우리나라에서 지하철을 이용하는 승객들이 노출되는 오염물질의 농도, 특히 호흡기질

환 원인인자에 대한 노출평가와 승객들이 느끼는 호흡기질환의 증상에 보고는 아직까지 없었다.

외국에서는 지하철, 버스, 자동차, 철도 등을 이용하는 승객들이 각종 오염물질(미세먼지, 일산화탄소, 벤젠 등)에 대한 노출정도가 일부 보고되고 있지만,⁶⁻¹¹⁾ 우리나라와 마찬가지로 지하철을 이용하고 있는 승객들이 느끼는 건강상의 질환에 대한 보고는 없다.

우리나라에서 지하철은 하루 1,000만에 가까운 시민들이 이용하는 가장 편리한 대중교통수단이다. 시민들이 지하철을 이용하면서 느끼는 호흡기질환에 대한 증상을 알아보고 이러한 증상호소에 영향을 미치는 환경요인들을 밝히는 연구가 필요하다. 본 연구의 주요 목적은 서울시 지하철을 이용하는 승객들이 느끼는 주요 호흡기질환("가슴 답답함", "호흡곤란", "콧물", "기침")과 "졸음"에 대한 증상유병률을 조사하고, 이러

[†]Corresponding author : Department of Environmental Health, Korea National Open University
Tel: 82-2-3668-4707, Fax: 82-2-741-4701
E-mail : pdw545@knu.ac.kr

한 증상유병률에 영향을 미치는 요인들을 분석하는 것이다.

II. 연구방법

1. 조사대상

서울시 지하철을 이용하는 승객 총 1099명을 대상으로 개인적인 특성(성, 나이, 과거호흡기질환 이환여부 등), 지하철을 이용하는 특성(호선, 이용시간대, 지하와 지상, 환승여부, 이용빈도 등) 그리고 주요 호흡기질환(“가슴 답답함”, “호흡곤란”, “콧물”, “기침”)과 “졸음” 증상에 대해서 질문하였다. 설문 대상자의 평균나이는 32.8세로써 연령대별로 구분하면 20대(19~29세)가 437명(39.8%), 30대가 482명(43.9%), 40대와 50대 이상은 각각 12.4%와 4.0%였다. 남성은 443명(40.3%), 여성은 656명(59.7%)이었다. 62.1%가 지하철을 매일 이용하고 있었고 출·퇴근시간에 66.6%가 이용하는 것으로 응답하였다.

2. 조사방법 및 자료분석

1) 조사방법

2006년 5월 22일~5월 26일까지 5일 동안 서울지하철을 이용하는 한국방송통신대학교 재학생에게 한꺼번에 설문지를 대량으로 보낸 후 회수된 5,900건 중에서 1,099건을 무작위로 추출하여 분석하였다. 응답한 설문내용을 코딩하고 그 결과를 SPSS 12.0로 분석하였다.

2) 자료분석

응답자의 개인적 특성(나이, 성, 호흡기질환 유무)과 지하철 이용에 대한 특성(빈도, 이용시기 등) 그리고 지하철 자체 특성들(지하와 지상, 환승유무, 개통시기 등)과 호흡기질환 및 “졸음” 호소율과의 관계를 카이 지승 검정으로 분석하였다. 지하철 특성에서 지하와 지상 그리고 환승유무는 이용하는 지하철 구간의 특성을 보고 50%를 기준으로 하였다. 즉 이용하는 지하철 구간의 50% 이상이 지하구간이면 지하로 구분하였다. 한편 호흡기질환에 대한 물음은 정성적으로 “자주”, “가끔”, “없다”로 구분하였다. 호흡기질환(종속변수)의 호소에 영향을 미치는 요인은 로지스틱 회귀분석(logistic regression)을 이용하여 분석하였다. 종속변수는 호흡기질환 증상을 가변수(dummy variable)로 처리하였다. 즉 호흡기질환 및 졸음에 대해 “자주”, “가끔” 느낀다고 답변한 경우는 호흡기질환이 있는 변수 “1”로 그리고 “없다”는 변수 “0”으로 처리하여 분석하였다.

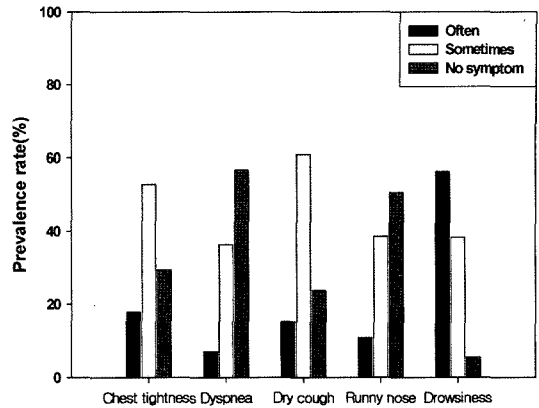


Fig. 1. Prevalence rate of respiratory symptoms.

III. 결과 및 고찰

1. 호흡기질환 증상 유병률

전체 설문대상자의 비악성 호흡기질환에 대한 호소율은 Fig. 1과 같다. “가슴답답함”은 ‘자주’가 196명(17.9%), ‘가끔’이 576명(52.7%), ‘없다’가 322명(29.4%), “호흡곤란”은 ‘자주’가 78명(7.1%), ‘가끔’이 397명(36.3%), ‘없다’가 619명(56.3%)으로 나타났다. “기침”은 ‘자주’가 167명(15.2%), ‘가끔’이 665명(60.9%), ‘없다’가 260명(23.8%), “콧물”은 ‘자주’가 118명(10.8%), ‘가끔’이 422명(38.6%), ‘없다’가 552명(50.5%)이었다. 그리고 “졸음”은 ‘자주’가 615명(56.2%), ‘가끔’이 419명(38.3%), ‘없다’가 61명(5.6%)으로 높은 호소율을 나타냈다. “졸음”을 자주 느끼는 승객들이 절반을 넘어 호흡기질환의 증상 유병률에 비해 훨씬 높았다. 호흡기질환 증상 중 “기침”, “가슴답답함”, “콧물” 등을 자주 느낀다고 응답한 비율은 10%가 넘었다. 증상유병률에서 “가끔”으로 응답한 경우를 증상이 있는 것으로 분류하면 호흡기증상 유병률은 더욱 높아진다.

2. 개인특성과 호흡기질환 증상 유병률과의 관계

호흡기질환 증상유병률과 연령 및 성과의 관련성을 검정하였다. 호흡기질환 증상유병률이 전반적으로 젊은 연령대 그리고 여성에게서 높은 것으로 나타났다(Table 1). 특별히 호흡기질환 중 “가슴 답답함”, “기침”, “콧물” 그리고 “졸음”에 대한 증상은 연령대가 낮을수록 유의하게 높았다($p < 0.05$). 하지만 “호흡곤란”은 비슷한 경향을 보이지만 유의한 관계는 아니었다($p > 0.05$). 30대 아래의 젊은 연령대에 비해 40대와 50대 이상 연령대에서 호흡기질환에 대한 증상유병률이 낮았다. 이것은 호흡기질환 자각증상의 원인을 주변 환경보다는 개

Table 1. Prevalence rate for respiratory disease symptom by citizen's personal characteristics (frequency, %)

Respiratory symptom (yes)	Age interval (year)				p-value	Sex		
	<30	30~39	40~49	>50		Male	Female	p-value
Chest tightness	319 (29.2)	341 (31.2)	89 (8.1)	23 (2.1)	0.016	274 (25.0)	498 (45.5)	0.000
Dyspnea	203 (18.6)	203 (18.6)	51 (4.7)	18 (1.6)	0.268	154 (14.1)	321 (29.3)	0.000
Dry cough	338 (31.0)	379 (34.7)	87 (8.0)	28 (2.6)	0.001	324 (29.7)	508 (46.5)	0.070
Runny nose	232 (21.2)	235 (21.5)	54 (4.9)	19 (1.7)	0.046	205 (18.8)	335 (30.7)	0.096
Drowsiness	422 (38.5)	455 (41.6)	121 (11.1)	36 (3.3)	0.000	416 (38.0)	618 (56.4)	0.592

인의 신체적 노화에 따른 것으로 받아들이기 때문인 것으로 판단된다. 한편 여성이 남성에 비해 호흡기질환 및 “졸음”에 대한 호소가 높았다. 특히 호흡기질환 중 “가슴 답답함”과 “호흡곤란”은 여성이 남성보다 통계적으로 유의하게 높은 호소율을 보였다($p=0.000$). 남성은 호흡기질환의 증상 유병율이 평균 22% 이하인데 비해서 여성은 29.3%~46.5%로 훨씬 높다. “졸음”은 여성 및 남성 모두 호흡기질환에 비해 훨씬 높은 증상유병율을 나타냈다. 남성은 38.0% 여성은 무려 56.4%가 지하철을 이용할 때 졸음을 “자주” 느낀다고 응답하였다. 이렇게 졸음을 느끼는 주요 원인은 객차 내에 외부의 신선한 공기가 부족하기 때문이다.

SMACNA(Sheet Metal and Air Conditioning contractor's National Association)⁶⁾에 의하면 이산화탄소 농도가 1,000~2,000 ppm의 환경에서는 민감한 사람은 환기가 부족하다거나 답답함을 느낄 수 있다고 하였다. 이산화탄소 농도가 2,000~5,000 ppm 정도로 증가하면 비활동적인 사람은 졸음을 느끼기 시작한다. 박 등²⁾이 서울 지하철 2, 5호선을 대상으로 이용승객이 적은 시간대(겨울철 오후 1~4시)의 이산화탄소의 농도를 측정한 결과 환기기준인 1,000 ppm을 항상 초과(평균: 1,775 ppm, 범위 1,153~3,377 ppm)한 것으로 보고하였다. 서울시 지하철 객차는 외부에서 신선한 공기가 공급되지 않은 환기시스템이기 때문에 이산화탄소 증가 등으로 인해 승객들은 졸음은 물론 답답함도 느낄 수 있는 것으로 판단된다.

3. 지하철 이용특성과 호흡기질환 증상 유병율과의 관계

지하철을 이용하는 특성(빈도, 이용시간대 그리고 환승유무)이 호흡기질환과 “졸음” 증상 유병율의 위험과 관련이 있는지 분석하였다. 전반적으로 지하철을 매일 이용하는 승객, 출퇴근 시간대에 이용하는 승객 그리고

환승하지 않은 지하철을 이용하는 승객들이 호흡기질환과 “졸음”에 대한 증상유병율이 전반적으로 높았다. 즉 지하철을 출퇴근 시간대에 자주 이용하는 승객들의 호흡기증상 유병율이 그렇지 않은 승객들에 비해서 높은 것을 발견하였다. 또한 환승하지 않고 지하철을 목적지까지 계속 이용하는 승객들이 환승하는 승객들에 비해 증상유병율이 높았다. 이것은 환승할 때 환승역의 오염도에 노출되기도 하지만 외부의 신선한 공기의 흡입으로 인해 이러한 증상완화를 느끼는 것으로 판단된다. 특별히, “뒹물”에 대한 증상유병율이 지하철을 매일 이용하거나 지하철을 바꿔 타지 않은 승객들이 다른 지하철 이용특성 승객들보다 통계적으로 유의하게 높았다($p<0.05$).

“졸음”은 지하철의 지하철 이용특성과 상관없이 거의 대부분(94.4%)이 경험한 증상이었다(Table 2). 이미 언급한 바와 같이 “졸음”에 대한 지나치게 높은 호소율은 객차 안에 신선한 공기가 부족하기 때문이다.

4. 지하철 특성과 호흡기질환 증상 유병율과의 관계

지하철 특성(지상, 지하, 개통시기 등)과 호흡기질환 및 “졸음” 증상 호소율의 관계를 분석하였다. 전반적으로 호흡기질환에 대한 증상 호소율이 지하가 지상보다 그리고 오래된 1기 지하철(1~4호선)이 2기 지하철(5~8호선)보다 훨씬 높았다(Table 3). 특히 지하구간을 운행하는 지하철을 이용하는 승객들의 호흡기질환과 “졸음”에 대한 증상유병율은 36.0%에서 78.5%로 매우 높다. 지하구간의 지하철을 이용하는 승객들의 “가슴 답답함”과 “기침”에 대한 증상유병율은 약 60% 이상으로 나타났다. 이것은 지하철 환경과 밀접한 연관이 있는 것으로 판단된다. 즉, “지하구간”과 “1기 지하철”의 객차에서 측정된 미세먼지(PM_{10} 과 $PM_{2.5}$)와 이산화탄소 농도가 “지상구간”과 “2기 지하철”보다 유의하게 높은

Table 2. Prevalence rate for respiratory disease symptoms by subway general characteristics (frequency, %)

Respiratory symptom (yes)	How often do you use				When do you use			Transfer		
	Every day	<3-4/week	<1/week	<i>p</i> value	Rush hour	Other time	<i>p</i> value	Yes	No	<i>p</i> value
Chest tightness	473 (43.5)	161 (14.8)	132 (12.1)	0.806	512 (46.8)	260 (23.8)	0.778	149 (13.6)	623 (57.0)	0.305
Dyspnea	294 (27.0)	104 (9.6)	73 (6.7)	0.413	318 (29.1)	157 (14.4)	0.897	87 (8.0)	388 (35.5)	1.000
Dry cough	530 (48.8)	164 (15.1)	132 (12.2)	0.075	564 (51.6)	268 (24.5)	0.133	159 (14.6)	672 (61.6)	0.314
Runny nose	356 (32.8)	112 (10.3)	69 (6.4)	0.002	366 (33.5)	1742 (15.9)	0.481	121 (11.1)	419 (38.4)	0.001
Drowsiness	647 (59.5)	213 (19.6)	167 (15.4)	0.105	700 (63.9)	334 (30.5)	0.005	195 (17.8)	838 (76.6)	0.175

Rush Hour: AM between 07:00 and 09:00, PM between 18:00 and 20:00

Table 3. Prevalence rate for respiratory disease symptoms by subway characteristics (frequency, %)

Respiratory symptom (yes)	Running location			Subway group by age			
	Under ground	Ground	<i>p</i> value	1st subway	2nd subway	1st and 2nd	<i>p</i> value
Chest tightness	651 (59.8)	118 (10.8)	0.074	486 (44.4)	2082 (19.0)	78 (7.1)	0.290
Dyspnea	392 (36.0)	82 (7.5)	0.682	310 (28.3)	119 (10.9)	46 (4.2)	0.196
Dry cough	695 (64.0)	135 (12.4)	0.565	524 (48.0)	227 (20.8)	81 (7.4)	0.534
Runny nose	452 (41.6)	87 (8.0)	0.626	337 (30.9)	143 (13.1)	60 (5.5)	0.116
Drowsiness	855 (78.5)	173 (15.9)	1.000	646 (59.0)	289 (26.4)	99 (9.0)	0.403

*1st subway line group refers to the oldest 4 lines(from 1st line to the 4 line).

*2nd subway line group refers to the newest 4 lines(from the 5th line to the 8 line).

Table 4. Prevalence rate for respiratory disease symptoms by the number of respiratory diseases passenger are suffering (frequency, %)

Respiratory symptom, yes	The number of respiratory disease suffered			
	≥2 diseases	1 disease	No disease	<i>p</i> -value
Chest tightness	505(46.2)	216(19.7)	51(4.7)	0.131
Dyspnea	299(27.3)	135(12.3)	41(3.7)	0.002
Dry cough	515(47.2)	258(23.6)	59(5.4)	0.000
Runny nose	291(26.6)	200(18.3)	49(4.5)	0.000
Drowsiness	684(62.5)	288(26.3)	62(5.7)	0.539

것과 관련이 있는 것으로 판단된다.^{2,3)} 즉 미세먼지의 농도가 높고 오래된 지하철을 이용한 승객들의 호흡기 증상 유병율이 높은 것으로 판단할 수 있다.

5. 호흡기질환 여부와 호흡기질환 증상 유병율과의 관계
응답자가 과거 또는 현재 경험하고 있는 호흡기질환(비염, 천식, 기관지염, 폐렴, 알러지성 비염 등)의 수와

호흡기질환 증상유병율과의 관련성을 분석하였다(Table 4). 전반적으로 호흡기질환에 대한 이환경험이 있는 승객들이 호흡기질환이 없거나 적은 승객들보다 호흡기 증상 유병율이 유의하게 높았다. 특히 “호흡곤란”, “기침”과 “콧물”에 대한 증상 유병율은 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$). 이러한 결과는 본 연구에서 설정한 가설 “호흡기질환을 경험한 승객의 증상유병율이 높다”

Table 5. Logistic regression to find factor influencing respiratory symptom (dependent variable: respiratory disease)

Independent	Chest tightness	Dyspnea	Dry cough	Runny nose
Age (years)	0.979 (0.962-0.997)	NS	0.978 (0.960-0.997)	0.978 (0.962-0.996)
Sex (reference: ♀)	0.540 (0.409-0.712)	0.563 (0.434-0.731)	NS	NS
Respiratory Disease (reference: No)	NS	NS	2.826 (1.998-4.017)	3.352 (2.550-4.405)
Location (reference: underground)	0.708 (0.501-0.998)	NS	NS	NS
Transfer (reference: yes)	NS	NS	NS	1.692 (1.217-2.354)
Use subway everyday (reference: often)	NS	NS	NS	0.742 (0.619-0.889)

*Confidence Interval: 95%, NS: non-significant.

를 증명한 것이다. 평소 호흡기질환이 있었는데 지하철을 이용하면서 느끼는 작은 불편이나 증상 등을 불만으로 여기고 있어 이를 놓치지 않고 적극적으로 응답하였을 가능성이 있다. 이미 언급한 대로 지하철 환경에서 발생하는 호흡기질환 영향인자는 각종 미생물, 미세먼지, 오존 등 유해가스 등 매우 많다. 지하철 승강장이나 객차에서 호흡기질환의 발생이나 악화에 직접적인 영향을 미치는 환경요인과 함께 불완전한 환기나 신선한 공기 부족 등은 호흡기질환을 가지고 있는 승객들에게는 주요 불만요인이 되는 것은 물론 건강을 위협할 수 위험요인이 된다. 지하철과 같은 공공시설에서는 환경오염물질에 민감한 승객들의 환경에 대한 불만을 해결하고 건강을 보호할 수 있는 조치를 마련해야 한다.

6. 호흡기질환 증상에 영향을 미치는 요인

호흡기질환 증상에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 지하철을 이용하는 남성은 여성에 비해 “가슴 답답함”, “호흡곤란”에 대한 증상위험이 약 절반 정도 유의하게 낮은 것으로 분석되었다. 호흡기질환의 유무는 “기침”과 “콧물”의 호소에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다($p=0.000$).

즉 호흡기질환이 없는 승객들에 비해 호흡기질환이 있었던 승객의 “기침”에 대한 증상유병율의 위험이 평균 2.8배($CI=1.998-4.017$) 그리고 “콧물”은 평균 3.4배($CI=2.550-4.405$) 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 위험은 유의하게 높은 것이다.

이러한 연구결과는 일반 승객들이 이용하는 공공시설인 지하철환경에서 노약자나 건강상의 질환을 가지고 있는 민감한 승객들의 건강을 보호하기 위한 적절한 대

책을 수립하는 것이 필요하다는 것을 나타내고 있다. 한편 지하철 특성 중 “환승여부”와 “지하철 이용빈도”가 “콧물” 증상위험에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 환승을 하지 않은 승객들이 환승을 하는 승객들에 비해 1.7배 유의하게 높은 “콧물” 증상위험을 나타났다.

IV. 결 론

설문지를 이용하여 서울 지하철을 이용하는 승객(총 1,099명)들의 “호흡기질환”과 “졸음”에 대한 증상유병율을 알아보고 이러한 증상에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 호흡기질환 증상 중 “가슴답답함”을 “자주” 혹은 “가끔” 느낀다고 응답한 승객의 수는 772명(70.6%), “호흡곤란”은 475명(43.4%), “기침”은 832명(76.2%), “콧물”은 540명(49.5%)이었다. 또한 “졸음”을 느낀다고 응답한 승객은 1,034명으로 무려 94.4%나 되었다. 전반적으로 젊은 연령대, 여성(기준: 남성), 날마다 지하철 이용(기준: 1-2회/주 이용), 출퇴근 시간에 이용(기준: 출퇴근 시간외에 이용), 환승(기준: 환승하지 않음), 지하(기준: 지상)의 특성에 해당되는 지하철을 이용하는 승객들이 호흡기질환 증상과 “졸음”에 대한 높은 증상유병율을 나타냈다.

호흡기질환 유병율에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 호흡기질환의 유무가 “기침”과 “콧물” 증상위험에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 호흡기질환이 없는 승객들에 비해 호흡기질환이 있었던 사람은 “기침” 증상 유병율 위험이 평균 2.8배 그리고 “콧물”은 평균 3.4배 유의하게 높게 나타났다. 이러한 위험은 유의하게 높아 노약자나 질환을 가지고 있는 승

객의 건강을 보호하기 위한 적절한 대책이 시급하다는 것을 나타내고 있다.

한편, 환승을 하지 않은 승객들이 환승을 하는 승객들에 비해 1.7배 유의하게 높은 “콧물” 증상위험을 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 2006년 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 수행된 것임.

참고문헌

1. 김진경 : 서울시 지하철 역사의 실내 공기중 분포하는 먼지 특성에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 석사학위 논문, 2003.
2. 박동욱, 윤경섭, 박수택, 하권철 : 서울 일부 지하철 객차와 승강장에서 측정한 PM₁₀과 PM_{2.5} 농도의 특성. 한국환경보건학회지, **31**(1), 39-46, 2005.
3. 광현석, 진구원, 김원, 양원수, 최상준, 박동욱 : 서울 일부 지하철 승무원석의 PM, 이산화탄소, 일산화탄소 모니터링에 의한 실내 공기질 특성평가. 한국환경보건학회지, **31**(5), 379-386, 2005.
4. Yu, I. J., Yoo, C. Y., Chung, Y. H., Han, J. H., Yhang, S. Y., Yu, G. M. and Song, K. S. : Asbestos exposure among Seoul metropolitan subway workers during renovation of subway air-conditioning systems. *Environmental International*, **29**, 931-934, 2003.
5. 정현희 : 서울시 지하철 역사 내의 라돈에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원 석사학위 논문, 2003.
6. Sheet Metal and Air Conditioning contractor's National Association, Inc. : Indoor air quality: a systems approach. 3rd ed., Sheet Metal and Air Conditioning Contractor's National Association (SMACNA), 1998.
7. Kingham, S., Meaton, J., Sheard, A. and Lawrenson, O. : Assessment of exposure to traffic-related fumes during the journey to work. *Transportation Research, Part D*, **3**(4), 271-274, 1998.
8. Barrefors, G. and Petersson, G. : Exposure to volatile hydrocarbons in commuter trains and diesel buses. *Environmental Technology*, **17**, 643-647, 1996.
9. Bevan, M. A. J., Proctor, C. J., Baker-Rogers, J. and Warren, N. D. : Exposure to carbon monoxide, respirable suspended particulates and volatile organic compounds while commuting by bicycle. *Environmental Science Technology*, **25**, 788-791, 1991.
10. Chan, C. C., Spengler, J. D., Özkaynak, H. and Lefkopoulou, M. : Commuter exposures to VOCs in Boston, Massachusetts. *Journal of Air and Waste Management Association*, **41**, 1594-1600, 1991b.
11. Chaney, L. W. : Carbon monoxide automobile emissions measured from the interior of a travelling automobile. *Science*, **199**, 1203-1204, 1978.
12. Colwill, D. and Hičkman, A. : Exposure of drivers to carbon monoxide. *Journal of Air Pollution Control Association*, **30**, 1316-1319, 1980.