

다중이용시설의 실내공기 중 총부유세균 농도와 종류

전병학*, 황인영²

¹성균관대학교 의학연구소, ²경북대학교 간호학과

Concentrations of total culturable microorganisms and Its Identification in Public Facilities

Byoung-Hak Jeon¹*, In Young Hwang²

¹Department of Social and Preventive Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine

²Department of Nursing, Kyungbok University

요약 실내 공기 중 부유세균은 실내공기오염을 유발하고 재실자의 건강상 위해를 초래할 수 있다. 본 연구는 다중이용시설을 대상으로 주요목적으로 사용되는 실내에서 부유세균의 농도와 세균의 종류를 동정하고 실내공기오염물질 중 부유세균에 대한 기초정보 제공을 목적으로 한다. 노인시설 7개소 (노인요양시설, 노인전문병원, 복지관 포함), 대규모점포 4개소, 대학병원 4개소, 어린이집 7개소 (유치원, 어린이집, 보육원 포함), 지하철역사 4개소 및 버스터미널 4개소 등 총 30개소 120개 지점에서 총부유세균의 농도를 측정·분석하고 세균의 종류를 동정하였다. 모든 시설군에서 측정된 실내 부유세균의 농도는 유지기준 800 CFU/m³ 이하이었으나, I/O비가 1.09-2.36으로 실내의 총부유세균의 농도가 실외에 비해 높았고, 어린이집, 대학병원, 노인시설에서 동정된 세균의 종류별 높은 검출빈도 보였다. 국내 다중이용시설의 주요목적에 따른 실내 부유세균에 대한 지속적 관찰이 필요하며, 특히 어린이집, 대학병원, 노인시설 등에 대한 관심이 요구되고, 추후 배양 가능한 세균 뿐 아니라 알레르겐 등을 포함한 미생물학적 실내오염물질에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Abstract This study was conducted to measure the concentrations of total culturable bacteria (TCB) and to identify the bacteria in thirty public facilities (7 elderly-care facilities, 4 hypermarkets, 4 university hospitals, 7 child care facilities, 4 subway stations and 4 bus terminals) in Seoul and Gyeonggi-Do Province. Although all concentrations measured in these study facilities did not exceed the national maintenance standard, it is believed that elderly-, child-care facilities should be high priority facilities to improve the indoor air quality and it is important to study the health effects and the airborne bacteria concentration of public facilities including non-culturable bacteria or allergen.

Key Words : Airborne microbe, Public facilities, Total culturable bacteria

1. 서론

WHO(World Health Organization)에서는 실내공기오염이 재실자의 건강에 중요한 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단하여 실내공기오염물질 중 생물학적 인자(biological agents)에 대한 실내공기질 가이드라인(indoor air quality guidelines) 제공하고 있으며[1], 실내공기 중에 존재하는 미생물과 같은 바이오에어로졸에 대

한 관심이 높아지고 있다[2].

실내공기 중 바이오에어로졸(bioaerosol)에는 일부 내독소, 감염성균, 알레르겐 등 자극성 물질이 포함되며, 특히 입경이 5~10 μm 인 바이오에어로졸은 상기도에 침착 후 비염을 유발하며, 입경이 5 μm 이하인 경우는 폐포를 통하여 알레르기를 유발하는 것으로 알려져 있다[3]. 미국 산업 안전 보건 연구원 (National Institute for Occupation Safety and Health, NIOSH)에서 500여 편의

*Corresponding Author : Byoung-Hak Jeon (Sungkyunkwan Univ.)

Tel: +82-31-299-6294 email: bhjeon0369@gmail.com

Received August 12, 2014

Revised (1st October 07, 2014, 2nd October 17, 2014)

Accepted January 8, 2015

연구결과를 토대로 70~80년대 실내공기오염의 1차 원인 물질로 생물학적 오염원이 차지하는 비율을 5%로 보고하였고[4], 1990년대 이후 실내공기오염의 1차 원인물질로 생물학적 오염원의 차지비율이 35~50%로 증가됨이 보고되었다[5].

건축디자인의 변화, 가정 및 실내 작업장에서 합성물질의 사용증가로 야기되는 빌딩증후군 (sick building syndrome, SBS)의 주요원인으로 바이오에어로졸이 40%의 역할을 하는 것으로 알려져 있으며[6], 이 중 부유세균은 humidifier fever, 천식 등과 같은 질환과 관련성 제기되면서 실내공기질오염의 관리 지표로 사용되고 있다[7].

실내에서 부유세균의 발생은 공기 중으로 세균 확산을 촉진시키는 일상적 활동 (실내청소, 애완동물 사육 등), 세균의 영양원 역할을 하는 음식물, 이불, 옷 등과 같은 유기성 재료들의 취급에 의한 것과 공기 흐름에 의해 유입되는 실외 세균에 의한 것으로 알려져 있다 [8-10]. 그밖에도 온도, 상대습도, 환기상태 등의 실내 환경조건에 따라 건축물 또는 구조물에 서식하는 세균의 공기 중 확산도 하나의 발생 원인이 될 수 있다 [10,11].

국내의 경우 환경부에서 사람들이 거주하는 실내 공간 내 생물학적 오염물질 노출로 인한 건강위해의 심각성을 인식하여 2004년 ‘다중 이용 시설의 실내 공기 질 관리법’을 제정하였고, 일정규모 이상의 병원, 영유아보육시설, 노인복지시설, 산후조리원 등에 대해 총 부유세균의 유지기준을 800 CFU/m³로 정하여 관리하고 있으나 [12], 다중이용시설의 주요목적으로 사용되는 실내공간의 부유세균에 대한 정보는 여전히 불충분하고, 기존의 국내연구 역시 특정 다중이용시설에 한정되어 수행되고 있다[13-16].

본 연구는 경기 일부에 소재한 다중이용시설을 대상으로 각 시설의 주요목적[12]으로 사용되는 실내공간의 총 부유세균 농도를 측정하고, 세균의 종류를 동정하여 다중이용시설의 실내공기오염물질 중 부유세균에 대한 기초정보 제공을 목적으로 한다.

2. 본 론

2.1 연구대상

본 연구는 2004년 9월부터 2007년 2월까지 노인시설 7개소 (노인요양시설, 노인전문병원, 복지관 포함), 대규모

점포 4개소, 대학병원 4개소, 어린이집 7개소 (유치원, 어린이집, 보육원 포함), 지하역사 4개소 및 버스터미널 4개소 등 총 30개소 120개 지점에서 총부유세균의 농도를 측정·분석하고 세균의 종류를 동정하였다.

2.2 측정 및 분석방법

2.2.1 일반적 특성

연구대상의 일반적인 특성인 온도, 습도, 기류 및 CO₂ 농도는 온습도 측정기 IAQ-CALC (Model 8762, TSI, Shoreview, U.S.A.)를 사용하여 오전, 오후 두 차례 측정 한 후 평균값으로 제시하였다.

2.2.2 총부유세균 농도 및 동정

총부유세균의 측정은 공기를 일정량 흡입한 후 배지에 충돌시켜 공기 중의 총부유세균을 포집하는 방법 (충돌법)을 이용하였다[17]. 일반세균의 동정을 위한 Tryptic Soy Agar (TSA, Difco, Sparks, MD, USA)와 병원성세균의 동정을 위한 Blood Agar (BA, KoMed, Seoul, Korea)를 각 페트리 디쉬에 만들어 Impactor (Biostage-1TM, SKC, USA)에 장착한 후, 28.3 ℓ/min 유량으로 약 600 ℓ가 되도록 각 배지에 대해 대상시설 실내 및 실외의 각 2지점에서 오전·오후 각 1회 공기를 포집하였다. 포집된 표본은 조건에 따라 배양한 후 집락수를 계수하였고 공기량으로 나누어 총부유세균의 농도 (CFU/m³)를 나타내었다.

계수된 집락의 특성 (크기, 모양, 색깔 등)에 따라 세균을 선별하여 새로운 배지에 접종하고 37°C 에서 24시간 배양한 후 그람 염색, 산화효소 (oxidase), 카탈라제 (catalase) 확인 등의 생화학적 검사를 실시하고 자동화 동정시스템인 VITEK (Model VITEK 32 system, bioMerieux, France)을 사용해 동정하였다. 이 시스템에서 동정할 수 있는 세균은 그람 양성균으로 Abiotrophia defectiva를 비롯한 115종, 그람 음성균으로 Actinobacter xylooxidans spp dentrificans를 비롯한 135종 등이다.

각 배지 당 240개 시료 (N=480)의 농도분포 특성을 나타내었으며, 배지별 실·내외 짝지어진 표본에서 실내 총부유세균 농도와 실외 총부유세균 농도의 비 (I/O ratio)를 나타내기 위해 전체 표본 중 검출되지 않았거나, 너무 많이 검출되어 계수가 불가능 (too numerous to count, TNTC)한 시료는 통계처리에서 제외하여 BA의 경우 148개, TSA의 경우 168개의 시료를 사용하였으며, 총부유세균 농도의 결과는 각 배지별로 제시하였다.

동정된 세균의 검출빈도는 시설의 이용자별 특성을 고려하여 세 개군 (Group I: 노인시설, 대학병원, 어린이집; Group II: 대구모점포; Group III: 지하역사, 버스터미널)으로 구분하여 나타내었다.

2.2.3 통계처리

SPSS (Ver 12.0)를 이용하여 일반적 특성은 평균과 표준편차를 제시하였으며, 총부유세균의 농도는 기하평균 (geometric mean, GM), 기하표준편차 (geometric standard deviation, GSD), 및 범위 (range)로 나타내었다. 각 배치별 시설간 실내농도의 차이, 환경요인과의 관련성, 일반적인 변수의 영향 등은 ANOVA, 상관분석 및 회귀분석을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1 일반적 특성

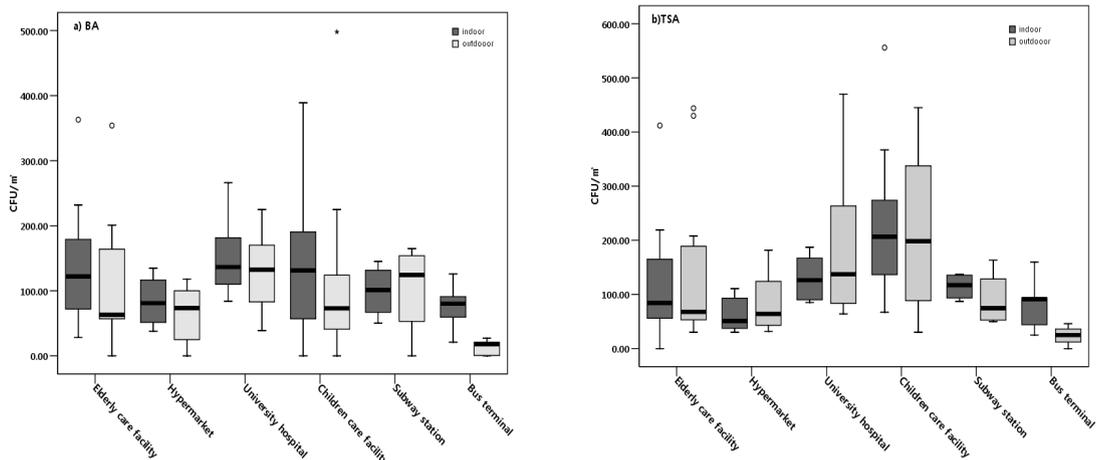
Table 1은 대상시설군의 일반적인 특성을 나타낸 것이다. 대상시설은 준공 후 평균 12.4±9.1년이 경과되었고, 평균 일일이용자수는 13,524.5±27,368.1명으로 어린이집과 노인시설의 하루 평균이용자는 167.3~352.1명, 지하역사의 경우는 82,050.0±7,138.1명으로 유동인구가 많았으며, 측정일의 평균 실내온도는 19.8±5.8 °C, 습도는 35.6±14.5 %, CO₂의 농도는 1,120.7±563.4 ppm이었다. 기

류는 평균 0.10±0.07 m/s로 실내공기질 측정조건[17]을 만족하였다.

3.2 총부유세균의 농도

Fig 1은 최대값, 최소값, 중앙값, 제1사분위수, 및 제3사분위수를 사용하여 각 시설군 실내공기 중 총부유세균 농도의 실내·외 분포특성을 나타낸 것으로, (A)와 (B)는 각각 BA 및 TSA에 포집되어 배양된 총부유세균의 분포이다. BA (A)의 경우, 대학병원, 어린이집, 노인시설의 실내 총부유세균 농도의 중앙값은 각각 136.5 CFU/m³, 131.5 CFU/m³, 122.0 CFU/m³로 유사한 값을 보였으며 이는 지하역사, 대구모점포, 버스터미널의 중앙값 101.0 CFU/m³, 81.0 CFU/m³, 80.0 CFU/m³ 보다 높은 값으로 특히 어린이집의 실내 총부유세균 측정치가 가장 넓게 분포하였다. TSA (B)의 경우는 어린이집의 중앙값 206.5 CFU/m³로 다른 시설군인 대학병원, 지하역사, 버스터미널, 어린이집, 대구모점포 126.6 CFU/m³, 117.0 CFU/m³, 91.0 CFU/m³, 84.0CFU/m³, 51.0 CFU/m³에 비해 높았으며 농도의 분포 범위도 가장 넓었다.

각 배치별 실내·외 짝지어진 시료에서 실내 총부유세균 농도, 실외 총부유세균 농도 및 I/O 비를 Table 2에 나타내었다.



[Fig. 1] Distribution of total culturable bacteria (CFU/m³) in the 30 study facilities (A) Distribution of total culturable bacteria in blood agar (BA; N=240) and (B) in tripsin soy agar (TSA; N=240).

[Table 1] General characteristics of the study facilities (N=30)

Group(n)	Age of facility (year)	User/day (person)	Temp (°C)	Humidity (%)	CO ₂ (ppm)
Elderly care facility(7)	6.6±7.5	32.1±285.6	20.7±2.2	41.1±16.2	916.1±352.7
Hypermarket(4)	3.5±0.5	5,750.0±327.9	22.7±1.2	23.3±5.0	1,114.6±67.8
University hospital(4)	16.6±5.4	1,750.0±482.2	22.5±0.8	24.6±6.6	1,758.4±878.8
Child care facility(7)	13.4±7.8	167.3±113.0	22.8±2.5	46.0±5.6	881.4±248.6
Subway station(4)	24.0±4.2	82,050.0±7,138.1	16.6±1.1	22.5±4.2	1,291.0±61.8
Bus terminal(4)	13.5±8.6	7,600.0±7480.3	7.0±0.9	47.4±19.4	1,260.8±61.8
Mean±SD(30)	12.4±9.1	13,524.5±27,368.1	19.8±5.8	35.6±14.5	1,120.7±563.4

[Table 2] Concentrations of total culturable bacteria (CFU/m³) in the 30 study facilities

Type of facility (n)		BA			TSA		
		Indoor	Outdoor	I/O	Indoor	Outdoor	I/O
Elderly care facility (7)	GM	102.31	93.75	1.09	95.35	105.29	0.91
	GSD	2.09	2.19		2.79	2.69	
	Range	28~363	22~354		6~412	30~444	
	TNTC	-	-		-	-	
Hypermarket (4)	GM	110.70	72.84	1.52	66.65	69.68	0.96
	GSD	1.24	1.61		1.59	1.63	
	Range	82~135	41~118		36~111	40~125	
	TNTC	2	4		1	-	
University Hospital (4)	GM	141.89	113.65	1.25	124.14	150.27	0.83
	GSD	1.44	1.80		1.38	2.01	
	Range	84~266	39~225		85~187	64~470	
	TNTC	-	-		-	-	
Child care facility (7)	GM	111.84	126.09	0.89	199.57*	191.00	1.04
	GSD	1.77	2.37		2.05	1.97	
	Range	51~193	50~498		67~556	66~445	
	TNTC	5	5		3	3	
Subway station (4)	GM	112.85	135.74	0.83	72.29	54.85	1.32
	GSD	1.32	1.25		2.39	2.14	
	Range	84~145	106~165		93~134	32~94	
	TNTC	-	-		-	1	
Bus terminal (4)	GM	79.89	21.50	3.72	76.32	32.33	2.36
	GSD	1.50	1.19		1.78	1.33	
	Range	47~126	18~27		36~160	24~46	
	TNTC	-	1		-	-	

BA: Blood agar for pathogenic bacteria
 TSA: Trypsin soy agar for bacteria
 GM: Geometric mean
 GSD: Geometric standard deviation
 TNTC: Too numerous to count
 * p<0.05

BA의 경우 TNTC는 어린이집의 경우 실내·외 각각 5개, 대규모점포의 경우 6개 (실내 공기 중 시료; 2, 실외

공기 중 시료 4)이었다. BA에서 측정된 대학병원의 실내 총부유세균 농도는 141.89 CFU/m³ (범위; 84~266 CFU/m³), 실외 총부유세균 농도는 113.65 CFU/m³ (범위; 39~225 CFU/m³, I/O=1.25)로 다른 시설군에 비해 실내 총부유세균 농도가 높았으나 유지기준 이하였으며, 어린이집과 지하역사, 대규모점포의 경우 실내 총부유세균 농도는 각각 111.84 CFU/m³ (범위=51~193 CFU/m³, I/O=0.89), 112.85 CFU/m³ (범위=84~145 CFU/m³, I/O=0.83), 및 110.70 CFU/m³ (범위= 82~135 CFU/m³, I/O=1.52)이었고, 노인시설과 버스터미널의 경우는 각각 102.31 CFU/m³ (범위=28~363 CFU/m³, I/O=1.09) 및 79.89 CFU/m³ (범위=47~126 CFU/m³, I/O=3.72)로 역시 유지기준 이하였다. 어린이집과 지하역사를 제외한 모든 시설군에서 실내 농도가 실외 농도 보다 높았으며 (I/O>1.0) 시설군간 실내 총부유세균 농도는 유의한 차이가 없었다(p>0.05).

TSA의 경우 TNTC는 어린이집에서 실내·외 각각 3개였으며, 대규모점포 실내 공기 중 시료 1개, 지하역사 실외 공기 중 시료 1개이었다. TSA에서 측정된 실내 총부유세균 농도는 어린이집과 대학병원이 각각 199.57 CFU/m³ (범위=67~556 CFU/m³, I/O=1.04) 및 124.14 CFU/m³ (범위=85~187 CFU/m³, I/O=0.83)으로 다른 시설군에 비해 높았으나 유지기준 이하였다. 노인시설, 버스터미널, 지하역사의 실내 총부유세균 농도는 95.35 CFU/m³ (범위=6~412 CFU/m³, I/O=0.91), 76.32 CFU/m³ (범위=36~160 CFU/m³, I/O=2.36), 및 72.29 CFU/m³ (범위=93~134 CFU/m³, I/O=1.32)으로 역시 유지기준 이하였다. 어린이집의 경우 대규모점포와 버스터미널의 총부유세균 농도보다 통계적으로 유의하게 높았다 (p<0.05). 어린이집, 지하역사, 버스터미널의 I/O 비는 1 이상으로 실내 총부유세균 농도가 실외 총부유세균 농도 보다 높았다.

Table 3은 각 배치별 시설의 준공 후 경과년수, 일일 이용자수에 따른 실내 총부유세균의 농도이다. 시설의 준공 후 경과년수를 5년 이하, 6~14년, 15년 이상으로 나누어 보았을 때, BA의 농도는 일정한 경향이 없었지만, TSA경우는 경과년수가 증가할수록 실내 총부유세균 농도가 증가하는 경향을 보였으나, 두 배치에서 유의한 차이는 없었다. 일일이용자수는 1000명 이하, 1001~10000명 및 10001명 이상으로 나누어 본 결과 두 배치에서 일일이용자수에 따른 차이나 일정한 경향은 없었으나,

TSA의 경우 사후분석결과 1000명 이하인 군의 실내 총 부유세균 농도 (135.67 CFU/m³)가 다른 두 군에 비해 유의하게 높았으나 (p<0.05) 유지기준 이하였다.

실내 총부유세균 농도와 시설의 준공 후 경과년수, 일일이용자수, 온도, 습도, 및 CO₂ 농도와와의 상관성을 본 결과, 실내 총부유세균의 농도는 온도 (BA: r=0.35, p=0.01, TSA: r=0.42, p=0.00), 습도 (BA: r=0.30, p=0.03, TSA: r=0.38, p=0.00)와 통계적으로 유의한 상관을 보였으며, 온도, 습도, 및 CO₂ 등 환경요인을 독립변수로 다중회귀분석을 한 결과 실내 총부유세균 농도에 영향을 미치는 변수는 온도와 습도가 각 배치별로 다음 식으로 설명되었다;

$$[\text{식1}] \text{ BA 중 총부유세균 (CFU/m}^3\text{)} = 4.13 (\text{Temper}) + 38.07 (p<0.01)$$

$$[\text{식2}] \text{ TSA 중 총부유세균 (CFU/m}^3\text{)} = 3.18 (\text{Humidity}) + 29.73 (p<0.01)$$

[Table 3] Concentrations of total culturable bacteria (CFU/m³) according to age of facility and user/day

		Age of facility (year)			User/day(person)		
		≤5	6~14	15≤	≤1000	1001~10000	10001≤
TCB in BA	GM	103.13	93.58	116.49	122.75	90.14	93.78
	GSD	1.74	2.11	1.74	1.99	1.86	1.39
	N	24	38	42	50	40	14
	I/O	1.16	1.3	1.71	1.28	1.61	1.46
TCB in TSA	GM	73.53	106.47	123.67	135.67	75.50	101.75
	GSD	2.85	2.29	1.67	2.51	1.86	1.42
	N	24	38	42	50	40	14
	I/O	0.97	0.86	1.30	1.11	0.90	1.56

TCB: Total culturable bacteria

BA: Blood agar for pathogenic bacteria

TSA: Trypsin soy agar for bacteria

N: Number of sampling sites

* p<0.05

3.3 부유세균의 종류

Table 4는 대상시설 군의 실내 공기에서 동정된 부유세균 70종의 검출빈도를 나타낸 것이다. 동정된 세균 중 Group I에서 41종의 세균 (192건)이 검출되었다. 그 중 Saphylococcus속 14종 (aureus, auricularis, caprae, cohnii, epid ermidis, haemolyticus, hominis, hyicus, intermedius, lentus, sciuri, simulans, warneri, xylosus)

이 103건으로 가장 검출빈도가 높았고, Enterococcus속 4종 (casseliflavus, cassrliflavus, faecicum, faecium)이 17건, Stereptococcus속 4종 (acidomonimus, agalactiae, constellatus, uberis)이 7건, Pasteurella속 3종 (haemolytica, haemolytica/trehalosi, trehalosi)이 10건 검출되었다. Group II에서는 27종의 세균이 동정되었고, 35건 검출되었다. 그 중 Saphylococcus속 8종 (aureus, auricularis, epidermidis, haemolyticus, saprophyticus, waneri, xylosus)이 14건, Pasteurella속 3종 (haemolytica, haemolyticus, trehalosi)이 3건, Stereptococcus속 2종 (saprophyticus, simulans)이 4건 검출되었다. Group III에서는 26 종의 세균 (48건)이 검출되었으며, 그 중 Saphylococcus속 11종 (arginos, aureus, auricularis, capitis, epidermi dis, haemolyticus, hominis, saprophyticus, sciuri, simulans, waneri)이 26건, Enterococcus속 2종 (faecalis, faecium)이 6건, Stereptococcus 속 3종 (agalactae, equinus, uberis)이 3건, Pasteurella속 2종 (heamolytica, multocida)이 2건 검출되었다.

4. 고 찰

측정된 실내의 총부유세균 농도의 분포는 병원성세균의 동정을 위해 사용한 BA에서 일반 세균의 동정을 위해 사용한 TSA에 비해 측정된 농도 범위가 넓은 경향을 보였고, 어린이집의 경우는 다른 시설군에 비해 두 배치 모두에서 측정된 실내 총부유세균의 농도분포가 넓은 특징을 보였다[Fig 1]. 이는 사용된 배치별 세균의 민감성과 분포세균의 종류 등 시설군의 특성이 농도의 분포에 영향을 주었을 것이라 사료 된다[18].

Table 1의 BA에서 실내 총부유세균 농도는 대학병원이 141.89 CFU/m³으로 가장 높았으며 어린이집의 경우는 111.84 CFU/m³이었으나 유지기준 이하이었고, 시설군 간 유의한 차이는 없었지만, 노인시설, 대규모점포, 대학병원 및 버스터미널에서 I/O 비가 1을 초과하였고, TSA에서 어린이집의 실내 총부유세균 농도가 199.57 CFU/m³로 가장 높았으나 역시 유지기준 이하였으며 어린이집, 지하역사 및 버스터미널의 I/O 비가 1을 초과하였다. 이 결과로 조사대상 다중이용시설의 실내공기 중 부유세균 농도가 대조되는 실외공기 중 부유세균의 농도보다 높음

[Table 4] Detection frequency (%) of the identified bacteria in indoor air of the study facility

Identified bacteria	GroupI		GroupII		GroupIII		Total		Identified bacteria	GroupI		GroupII		GroupIII		Total	
	DF	%	DF	%	DF	%	DF	%		DF	%	DF	%	DF	%	DF	%
<i>Acinetobacter baumannii</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36
<i>Acinetobacter louffi/junii</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Rahnella aquatilis</i>	4	2.08	-	-	-	-	4	1.45
<i>Acinobactor louffii</i>	-	-	3	8.57	2	4.17	5	1.82	<i>Rhizobium radiobacter</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36
<i>Actinobacillus ureae</i>	1	0.52	1	2.86	1	2.08	3	1.09	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	6	3.13	1	2.86	2	4.17	9	3.27
<i>Aerococcus species</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73	<i>Staphylococcus arginosus</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36
<i>Aerococcus Spp.</i>	-	-	1	2.86	1	2.08	2	0.73	<i>Staphylococcus aureus</i>	21	10.94	2	5.71	2	4.17	25	9.09
<i>Bacillus (Saccharolytic)</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus auricularis</i>	7	3.65	1	2.86	4	8.33	12	4.36
<i>Brev. Vesicularis</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus capitis</i>	-	-	-	-	2	4.17	2	0.73
<i>Brucella melitensis</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus caprae</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36
<i>Burkholderia cepacia</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus cohnii</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36
<i>Chryseomonas luteola</i>	-	-	-	-	2	4.17	2	0.73	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	6	3.13	1	2.86	2	4.17	9	3.27
<i>Citrobacter freundii</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73	<i>Staphylococcus gallinarum</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36
<i>Corynebacterium indogenes</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	8	4.17	1	2.86	3	6.25	12	4.36
<i>Corynebacterium xerosis</i>	6	3.13	1	2.86	-	-	7	2.55	<i>Staphylococcus hominis</i>	9	4.69	3	8.57	6	12.50	18	6.55
<i>Dermacoccus nishinomiyaensis</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73	<i>Staphylococcus hyicus</i>	7	3.65	-	-	-	-	7	2.55
<i>Enterobacter cloacae</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73	<i>Staphylococcus intermedius</i>	14	7.29	-	-	-	-	14	5.09
<i>Enterobactor amnigenus</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36	<i>Staphylococcus lentus</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73
<i>Enterococcus casseliflavus</i>	4	2.08	-	-	-	-	4	1.45	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	-	-	2	5.71	2	4.17	4	1.45
<i>Enterococcus cassriflavus</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus sciuri</i>	2	1.04	-	-	1	2.08	3	1.09
<i>Enterococcus faecalis</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36	<i>Staphylococcus simulans</i>	12	6.25	2	5.71	2	4.17	16	5.82
<i>Enterococcus faecium</i>	11	5.73	-	-	-	-	11	4.00	<i>Staphylococcus wamari</i>	-	-	1	2.86	1	2.08	2	0.73
<i>Enterococcus faecium</i>	1	0.52	-	-	5	10.42	6	2.18	<i>Staphylococcus wamari</i>	6	3.13	-	-	-	-	6	2.18
<i>Flavimonas oryzihabitans</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36	<i>Staphylococcus xylosus</i>	7	3.65	1	2.86	-	-	8	2.91
<i>Gemella morbillorum</i>	3	1.56	1	2.86	-	-	4	1.45	<i>Streptococcus acidominimus</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36
<i>Kocuria kristinae</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Streptococcus acidominimus</i>	3	1.56	-	-	-	-	3	1.09
<i>Kocuria rosea</i>	4	2.08	-	-	-	-	4	1.45	<i>Streptococcus agalactiae</i>	1	0.52	1	2.86	1	2.08	3	1.09
<i>Kytococcus sedentarius</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73	<i>Streptococcus bovis</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36
<i>Micrococcus luteus/hylae</i>	7	3.65	-	-	-	-	7	2.55	<i>Streptococcus constellatus</i>	2	1.04	-	-	-	-	2	0.73
<i>Nonforming Gram negative Bacillus</i>	3	1.56	-	-	-	-	3	1.09	<i>Streptococcus equinus</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36
<i>Pantoea agglomerans</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36	<i>Streptococcus intermedius</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36
<i>Pantoea spp</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Streptococcus sanguinis</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36
<i>Pasteurella haemolytica</i>	6	3.13	1	2.86	1	2.08	8	2.91	<i>Streptococcus uberis</i>	1	0.52	2	5.71	1	2.08	4	1.45
<i>Pasteurella haemolytica/trehalosi</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36	<i>Vibrio alginolyticus</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36
<i>Pasteurella haemolyticus</i>	-	-	1	2.86	-	-	1	0.36									
<i>Pasteurella multocida</i>	-	-	-	-	1	2.08	1	0.36									
<i>Pasteurella trehalosi</i>	3	1.56	1	2.86	-	-	4	1.45									
<i>Presumptive Acinetobacter louffi/junii</i>	1	0.52	-	-	-	-	1	0.36									
									Total	192	100	35	100	48	100	275	100

을 알 수 있었다. 최근의 연구[19-21]에서 사람들의 활동량과 공기 중 부유 미생물의 농도와 의 연관성이 제시되고 있으나 본 연구에서는 각 대상 시설의 크기 (면적 또는 체적)나 활동량을 계량화하지 못하였다. 그러나 대상이 되었던 어린이집은 다른 시설군 보다 상대적으로 공간이 좁고 교실 당 어린이 수와 활동/움직임이 다른 시설군에 비해 많았으며 계절의 특성상 환기가 많이 이루어지지 않아 실내공기 중 총부유세균의 농도가 높고, 넓은 범위로 측정된 것으로 추정된다. 지하역사의 경우 승객들의 옷, 머리 등에서 공기 중으로 방출되는 세균들이 실내 총부유세균의 주요 발생원이 될 수 있으며 [15,21], 또한 실내에 분포하는 총부유세균은 환기에 의한 공기 흐름으로 상당 수준 외부에서 유입될 수도 있다[22,23]. Gallup 등[24]은 공기 중 부유세균의 I/O비가 1을 초과할 경우 실내공기의 오염을 고려할 것을 제안한바 있어 본 연구에서의 모든 대상 시설군에서의 총부유세균 농도가 유지기준을 초과하지는 않았으나 BA 또는 TSA에서 측정된 대부분의 시설군에서 총부유세균 농도의 I/O가 1을 초과하여 실내 총부유세균으로 인한 실내공기 오염이 사료된다. 또한 권경우와 박준석은[25] 환기율을 증가시킴으로써 사무소건물에서의 작업능률이 향상됨을 보고한 바 있으나 국내에서는 환기율과 건강영향의 관련성에 관한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

실내 총부유세균 농도에 영향을 미치는 변수를 알아보기 위해 회귀분석을 한 결과 온도 또는 습도가 유의한 변수로 확인되었으며 이는 선행연구[16,19]에서도 확인된 바 있다.

실내에 존재하는 세균은 천식과 같은 알레르기성 특정 질환의 증세 연관성이 있는 것으로 알려져 있어 관리가 요구되며[26,27] 일반적으로 실내에서 발견되는 세균은 *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus aecalis*, *Escheirichia coli*, *Salmonella typhosa*, *Salmonella choleraesuis*, *pseudo monas aeruginosa*, *Macobacterium smegmatis*, *Mycobacterium tubersulosis*, *Streptococcus mutans*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter agglomerans*, *Sthphylococcus epidermis*, *Acinetobacter calcoaceticus*, 등이 알려져 있다[28,29].

본 연구에서 세균을 동정한 결과, 일반적으로 실내에서 발견되는 세균 70종이 검출되었으며 총 275건의 검출건수 중 *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pasteurella*가 198건으로 75 %를 차지하였고 Group II 또

는 Group III에 검출된 건수 보다 Group I에서 검출건수가 높은 경향을 보였다.

동정된 부유세균의 종류는 일부지하역사, 종합병원, 규제대상시설 등을 대상으로 부유세균을 확인한 기존의 연구[13-15]와 비슷하였다. 동정된 세균 중 19종이 145건 검출된 *Staphylococcus*속은 자연계에 널리 분포되어 있는 세균의 하나로서 식중독 뿐 만 아니라 피부의 화농, 중이염, 방광염 등의 화농성 질환을 일으키는 원인균으로 우리나라에서 살모넬라 균 및 장염비브리오균 다음으로 식중독을 많이 발생시키는 세균이다. 인체에서 병원성을 나타내며 어느 부위에서나 발생될 수 있는 화농성 세균으로 다양한 질병의 원인균이 되는 *Staphylococcus aureus* 동정된 세균 중 가장 높은 검출빈도를 보였다. *Staphylococcus* 중 6건 검출된 *Staphylococcus epidermidis*는 정상 숙주에서 낮은 병원성을 가지나, 면역력이 약화된 환자에서는 심각한 감염을 일으킬 수도 있다. 동정된 세균 중 사람의 장관에 상재하고 있으며, 보통 피부, 상기도, 위장관, 비뇨생식기 등에 많이 존재하고, 창상감염, 비뇨기계, 아급성 세균성 심내막염, 만성 요로감염증의 원인이 되고 분변오염의 지표로 사용되는 *Enterococcus*속은 5종이 23건 검출되었다. 9종이 17건 검출된 *Streptococcus*속은 그람 양성의 통성혐기성으로 연쇄상배열을 한다. 조류와 동물의 병원성균으로 인체에도 감염을 일으키는 것으로 알려져 있고, 기관지염 등의 호흡기감염과 창상감염 등을 유발하는 *Pasteurella*속 5종이 15건 검출되었다. 병원성세균 또는 내독소를 방출하는 그람 음성균이 검출되어 이에 따른 관심이 필요할 것으로 생각된다.

ACGIH[18]에서 거주자 수, 거주자의 활동정도, 입는 옷의 타입, 환기의 상태 등이 실내 공기 중 총부유세균의 농도와 관련성이 보고되었고, 병원 내 주변 환경보다는 사람의 활동성이 공기 중 미생물의 농도에 영향을 미친다는 보고는[29] 있으나 현재 다중이용시설의 주요 사용 목적에 해당하는 실내공간을 대상으로 한 미생물학적 오염물질에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다[13-16]. 본 연구를 통해 다중이용시설의 실내공기 중 배양 가능한 세균을 계수하고 동정하여 다중이용시설별 부유세균의 분포 및 종류를 확인하였으나 추후 알레르겐 또는 알레르기과 관련이 있는 기타 세균의 대사산물을 포함한 미생물학적 오염물질에 대한 추가 조사와 지속적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] World Health Organization, WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould, EU, 2006
- [2] J. Macher, Bioaerosols: Assessment and Control, ACGIH, 1999
- [3] J.S. Pastuszka, U. Kyaw Tha Paw, D.O. Lis, A. Wlaslo, K. Ulfig, Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment*, 34, 22, 3833-384, 2000
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00527-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00527-0)
- [4] T.A. Seitz. NIOSH Indoor Air Quality Investigations 1971-1988, In: The practitioners Approach to Indoor Air Quality Investigations. *proc. Indoor Air Quality International Symposium*, D.M. Weedes, R.B. Gammage, eds. American Industrial Hygiene Association, Akron, Ohio. 163-171, 1989
- [5] F.A. Lewis. Regulating indoor microbes, the OSHA proposed rule on IAQ a focus on microbial contamination. *Fungi and Bacteria in Indoor Air Environments. Health Effects, Detection and Remediation* (E. Johanning and CS Yang, Eds.), 5, 1994
- [6] J.E. Wood, An Engineering approach to controlling indoor air quality, *Environ Health perspect*, 95, 15-21, 1991
DOI: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.919515>
- [7] R.E. Dales, H. Zwanenburg, R. Burnett, CA Freanklin, Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian Child, *Am J Epidemiol*, 134, 2, 196-203 1991
- [8] M. Lehtonen, T. Reponen, A. Nevalainen, Everyday activities and variation of fungal spore concentrations in indoor air, *Int Biodeterior Biodegrad*, 31, 1, 25-39, 1993
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0964-8305\(93\)90012-Q](http://dx.doi.org/10.1016/0964-8305(93)90012-Q)
- [9] A. Hyvärinen, M. Vahteristo, T. Meklin, M. Jantunen, A. Nevalainen, D. Moschandreas, Temporal and Spatial Variation of Fungal Concentrations in Indoor Air, *Aerosol Sci and Technol*, 35, 688-695, 2001
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02786820117763>
- [10] M. Hargreaves, S. Parappukkaran, L. Morawska, J. Hitchins, C. He, D. Gilbert, A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and non-biological particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia. *Sci Total Environ*, 312, 1, 89-101, 2003
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00169-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00169-4)
- [11] C.A. Hunter, C. Grant, B. Flannigan, A.F. Bravery, Mould in buildings: The air spora of domestic dwellings, *Int Biodeterior Biodegrad*, 24, 2, 81-101, 1998
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0265-3036\(88\)90052-8](http://dx.doi.org/10.1016/0265-3036(88)90052-8)
- [12] Ministry of Environment of The Republic of Korea. INDOOR AIR QUALITY CONTROL IN PUBLICLY USED FACILITIES, ETC. ACT. 2004 URL: http://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawView.do?hseq=27153&lang=ENG
- [13] K.Y. Kim, G.Y. Jang, J.B. Park, C.N. Kim, K.J. Lee, Field study of characteristics of airborne bacteria distributed in the regulated public facilities, *J Korean Soc Occup Environ Hyg*, 16, 1, 1-10, 2006
- [14] K.Y. Kim, J.B. Park, C.N. Kim, K.J. Lee, Assessment of Airborne Bacteria and Particulate Matters Distributed in Seoul Metropolitan Subway Stations, *Kor J Env Hlth*, 32, 4, 254-261, 2006
- [15] K.Y. Kim, C.R. Lee, C.N. Kim, J.U. Won, J.H. Roh, Size-based Characteristics of Airborne bacteria and Fungi Distributed in the General Hospital, *J Korean Soc Occup Environ Hyg*, 16, 2, 101-109, 2006
- [16] J.H. Song, J.Y Min JY, Jo KA, Yoon YH, Paik NW. A Study on Airborne Microorganisms in Hospitals in Seoul Korea, *Kor J Env Hlth*, 33, 2, 104-114, 2007
DOI: <http://dx.doi.org/10.5668/JEHS.2007.33.2.104>
- [17] Ministry of Environment of The Rep of KOREA. Standard Test Method for Indoor Air Quality. 2004. URL: <http://www.me.go.kr>
- [18] ACGIH. Bioaerosols Assessment and Control ACGIH 1999
- [19] J.S. Pastuszka, K.T. Paw, D.O. Lisb, A. Wlazlo, K. Ulfig, Bacterial and Fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, poland, *Atmos Environ*, 34, 22, 3833-3842, 2000
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00527-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00527-0)
- [20] T. Meklin, T. Reponen, M Toivola, B. Koponen, T. Husman, A. Hyvärinen, A. Nevalainen, Size distributions of airborne microbes in moisture damaged and reference school buildings of two construction types, *Atmos Environ*, 36, 39, 6031-6039, 2002
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00769-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00769-0)
- [21] C.R. Lee, K.Y. Kim, C.N. Kim, D.U. Park, J.H. Roh, Investigation on Concentrations and Correlations of Airborne Microbes and Environmental Factors in the General Hospital, *J Korean Soc Occup Environ Hyg*, 15, 1, 45-51, 2005
- [22] J.A. Otten, H.A. Burge, Bacteria in : Macher, J. (Ed.), *Bioaerosols, Assessment and control*. ACGIH Cincinnati OH, 200-214, 1999
- [23] P.C. Wu, H.J. Su, C.Y. Lic, Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in

- two seasons, Sci. Total Environ, 253, 1-3, 111-118, 2000
- [24] J. Gallup, P. Kozak, L. Cummins, S. Gilman, Indoor mold spore exposure: characteristics of 127 homes in Southern California with endogenous mold problems, Adv Aerobiol, 51, 139-147, 1987
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-7491-5_24
- [25] K.W. Kwon, J.S. Park, Cost Benefit Analysis of Improved Indoor Air Quality in Office Buildings. J Korean Architectural Instituter, 23, 10, 203-212, 2007
- [26] M.A. Ross, L. Curtis, P.A. Scheff, D.O. Hryhorczuk, V. Ramakrishnan, R.A. Wadden, v.W. Persky, Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols, Allergy, 55, 705-711, 2000
DOI: <http://dx.doi.org/10.1034/j.1398-9995.2000.00551.x>
- [27] A.A. Jaffal, H. Nsanze, A. Bener, A.S. Ameen, I.M. Banat, A.A. Mogheth, Hospital airborne microbial pollution in a desert country, Environ Int, 23, 2, 167-172, 1997
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120\(97\)00003-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00003-2)
- [28] J.M. Samet, J.D. Spengler, Indoor air pollution: a health perspective. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1991
- [29] Y.J. Kim. A study of prevalence and antibiotic susceptibilities of Staphylococcus aureus in the bacterial skin infection of dermatology outpatients. Korean J Dermatology, 39(8), 866-871, 2001

황 인 영(In Young Hwang)

[정회원]



- 2004년 8월 : 가톨릭대학교 대학원 보건학과 (보건학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 경북대학교 간호학과 교수

<관심분야>

만성질환역학, 간호교육, 지역사회간호

전 병 학(Byoung-Hak Jeon)

[정회원]



- 2012년 2월 : 가톨릭대학교 대학원 보건학과 (보건학박사)
- 2012년 6월 ~ 현재 : 성균관대학교 의학연구소 선임연구원

<관심분야>

환경역학, 환경보건, 화학물질과민증(MCS), 만성질환역학, 기후변화, 알레르기 질환