

주거용 아파트 엘리베이터의 미생물 오염도와 영향요인 조사

심원보 · 서주희* · 이채원** · 정명진*** · 김정숙** · 김형갑**** · 정덕화*****†

광주과학기술원 물리화학부, *경남과학기술대학교 공기질센터, **경상대학교 농업생명과학연구원,
경상대학교 식의약품학과, *경남과학기술대학교 환경공학과, *****경상대학교 응용생명과학부

Research on Bacterial Contamination Levels in Apartment Tower Elevators

Won-Bo Shim, Ju-hee Seo*, Chae-Won Lee**, Myeong-Jin Jeong***, Jeong-Sook Kim**,
Hyoung-Kab Kim****, and Duck-Hwa Chung*****†

School of Physics and Chemistry, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju 500-712, Korea

*Air Quality Research Center, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju,
Gyeongnam 660-758, Korea

**Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea

***Department of Food and Drug, Graduate of Food and Drug, Gyeongsang National University, Jinju,
Gyeongnam 660-701, Korea

****Department of Environmental Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology,
Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea

*****Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju
Gyeongnam 660-701, Korea

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to investigate the microbial contamination levels in apartment buildings and to provide information on such microbial contamination.

Methods: A total of 144 samples, including from the exterior buttons, interior buttons, elevator handrails, walls, ventilators and airborne bacteria were collected in the morning and afternoon from July to August 2013 for six different elevators. The samples were used to detect sanitary indicator bacteria (total bacteria, coliform, and *Escherichia coli*), pathogenic bacteria (*E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *B. cereus*, *S. aureus*) and fungi.

Results: Contamination levels of total bacteria were 0.3-3.8 and 0.0-2.4 log CFU/100 cm² in the morning and afternoon, respectively. In the case of coliform bacteria, the levels were 0.0-3.7 log CFU/ 100 cm² in the morning and 0.0-0.3 log CFU/ 100 cm² in the afternoon. However, *E. coli* was not detected among all samples. *Bacillus cereus*, pathogenic bacteria, was only detected in 13 (11%) among 144 samples. *E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. and *S. aureus* were not detected among all samples. Comparing the samples collected in the morning and afternoon, we could confirm that the samples in the afternoon were cleaner.

Conclusions: This study indicates that the samples in the afternoon were cleaner because these samples were collected following routine cleaning. Also, the levels of contamination in the elevators were low and the sanitary conditions were comparatively well-managed. Therefore it is deemed necessary for elevators be cleaned regularly to provide good conditions for people using elevators.

Key words: Elevator, microbial contamination, apartment building, microorganism

†Corresponding author: Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea, Tel : +82-55-772-1903, Fax : +82-55-757-5485, E-mail : dhchung@gnu.ac.kr

Received: 16 October 2013, Revised: 17 October 2013, Accepted: 30 October 2013

I. 서 론

최근 건축물의 고층화, 대형화에 따라 엘리베이터가 급속히 보급되고 있으며, 우리나라 건축법에서는 6층 이상으로 연면적이 2,000 m² 이상인 건축물의 경우 엘리베이터를 설치하도록 되어 있다.¹⁾ 엘리베이터는 현대인들의 일상생활에 아주 밀접한 수직 이동수단으로 자리매김하였고, 자동차 산업과 같이 기술집약적 글로벌 산업으로 등장하고 있다.²⁾

엘리베이터는 밀폐된 공간에서 다수의 이용자들이 사용하는 실내공간이므로³⁾ 엘리베이터 내의 공기질과 위생관리는 매우 중요하다. 엘리베이터는 건물 외부의 공기 보다는 건물 내부의 공기 영향을 많이 받을 수 있다. 밀폐된 실내공간에 생활하는 많은 사람들이 일명 빌딩증후군(sick bulking syndrome-SBS현상)이라고 하는 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 눈의 자극, 집중력감소 등을 호소하여^{4,6)} 정부에서는 2005년 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법” 등 실내공기질 관련 법률을 확대 시행하기도 하였다. 이와 함께 최근에는 사무실, 유치원, 극장, 도서관 등 다중이용시설과 건축자재에서 발생하는 휘발성 유기화합물이나 미세먼지, 이산화탄소, 일산화탄소 등의 항목들을 검토했던 밀폐공간에서의 실내 공기질 조사연구가 많이 보고되고 있다.⁷⁻¹²⁾ 실내 공기질의 중요성이 인식되면서 실내 환경에서 세균, 진균, 바이러스와 같은 미생물 오염에 대한 공중보건학적 관심도 증가하고 있다.¹³⁾

국민건강증진법 제9조 4항 및 제6조(공중이용하는 시설)와 그 외 건축법, 소방법에서는 환풍기와 통풍구 설치를 의무화하고 있다. 이들의 설치를 통해 내외부 공기의 순환이 잘 이루어지도록 함으로써 유해 물질의 배출 및 미생물이 증식할 수 없는 조건을 조성하여 청결하고 위생적인 환경을 이용자들에게 제공하고자 노력하고 있다.

손은 병원체의 감염에 있어 가장 큰 전파의 수단이 되며 인체 침입, 감염, 오염 등 전염의 매개체 역할을 하게 된다. 손에 존재하고 있는 비 상주 미생물들은 손을 씻기만 해도 쉽게 제거될 수 있지만, 손의 부위에 따라서 일상적인 손 씻기 방법만으로는 세척이 되지 않는 부위가 있다고 보고하고 있다.¹⁴⁾ 또한 병원체 감염의 90% 이상이 불결한 개인위생으로부터 비롯하고, 건강한 사람이라 하더라도 인체에 *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*,

Yersinia 등의 병원성 미생물을 보유하고 있기 때문에 개인위생 관리는 중요하다.^{15,16)}

엘리베이터 내의 미생물 오염이 질병 및 식중독의 직접적인 원인이 될 가능성은 매우 낮다. 하지만 많은 불특정 다수가 공동으로 사용하고 있고, 버튼과 같은 특정 부위는 반복적으로 손의 접촉이 발생하게 되므로 미생물을 전달하는 매개역할을 할 가능성이 많다. 손은 다른 신체부위와 자주 접촉되기 때문에 엘리베이터의 접촉부위가 미생물에 오염이 되었을 경우 본인에게 미생물을 옮겨 질병을 유발할 수 있고, 악수 등의 접촉으로 인해 다른 사람에게도 미생물을 옮길 수도 있다. 그리고 오염부위에 접촉 후 올바른 손 세척 없이 음식의 준비나 섭취가 이루어지면 식중독이 발생할 가능성도 있다. 또한 엘리베이터 운행은 밀폐된 공간에서 이루어지므로 신선한 외부 공기의 유입보다는 오염 물질이 쉽게 축적될 수 있는 환경이다. 더군다나 어둡고 습한 환경조건에서는 곰팡이의 발생이 용이하게 되므로¹⁷⁾ 청결하고 위생적인 엘리베이터 내 환경 조성을 위해서는 공기질 뿐만 아니라 미생물에 대한 관리도 필요하다. 하지만 엘리베이터 공기질과 관련한 연구는 꾸준히 이루어 지고 있는 반면 미생물 오염도 조사에 대한 연구는 거의 이루어 지지 않고 있는 실정이다.

본 연구는 엘리베이터 주변 환경 중 손의 접촉이 잦은 부위의 미생물 오염도를 조사하고, 청소 실시 유무가 엘리베이터 내 환경의 미생물 오염수준에 미치는 영향을 확인하여 엘리베이터 이용자들에게 보다 쾌적하고 위생적인 환경을 제공하기 위한 자료로 활용하기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 분석 대상 및 시료채취

본 연구는 불특정 다수가 반복적으로 이용하는 대표적인 밀폐공간인 주거용 아파트의 엘리베이터를 대상으로 하였다. 경상남도에 위치한 주거용 아파트의 엘리베이터 6곳(A1, A2, B1, B2, C1, C2)을 선정하여 2013년 7-8월 사이 비가 오지 않는 맑은 날에 시료 채취를 실시하였으며, 채취시간은 비교적 사람의 이동이 적은 시간인 오전 10~12시(청소 전)와 오후 3~5시(청소 후) 사이로 하였다. 이때 오전의 경우 청소를 하기 전으로 전달 엘리베이터를 이용한

사람들로 인해 오염된 상태에서 시료를 채취하였고, 오후에는 청소를 한 후 몇몇 사람들만 이용한 상태에서 시료를 채취하여 사람들의 이용빈도에 따른 오염도를 비교하였다. 대상 시료는 이용하는 사람들의 접촉 등에 의해 미생물의 오염 가능성이 많을 것으로 추측되는 엘리베이터 내외부의 특정 부위(엘리베이터 내외부 버튼, 손잡이, 벽면, 환풍기 입구)와 내부 공기 등(n=144)으로 시료를 수집하여 미생물 오염도를 확인하였다. 모든 시료는 검체 표면에 형태에 따라 채취 가능한 면적 또는 10 cm×10 cm의 면적대를 사용하여 Swab kit (3M e-swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)로 swabbing하여 채취하였다.

2. 시료전처리

분석대상 미생물은 위생지표세균(일반세균, 대장균군 및 *Escherichia coli*), 병원성 미생물(*E. coli* O157, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.) 및 곰팡이로 하였으며, 모든 실험은 교차오염 인자를 차단하기 위하여 Clean Bench내에서 무균적으로 처리하였다.

수집된 시료는 모두 액체상태의 시료로 별다른 전처리 과정 없이 30초 동안 강하게 혼탁한 후 0.85% 멸균 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 단계 희석하여 분석에 사용하였으며, *E. coli*, *E. coli* O157, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.의 정성 분석을 위해서 시료 1 mL을 멸균된 0.1% 펩톤수 9 mL와 혼합하여 37°C에서 18~24시간 1차 증균 배양을 한 후 분석에 사용하였다.

3. 위생지표세균 및 곰팡이 분석

각 엘리베이터의 전반적인 위생상태를 확인하기 위하여 위생상태의 지표를 나타내는 일반세균, 대장균군 및 *E. coli* 와 곰팡이에 대하여 분석을 실시하였다. 먼저 일반세균 측정의 경우 0.85% 멸균 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 시료를 각 희석농도에서 1 mL씩 취해 petridish에 분주하였다. 여기에 plate count agar (PCA, Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를 15 mL 정도 분주한 후 잘 혼합하여 굳힌 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 배지 제조사의 매뉴얼에 따라 흰색 colony를 계수하였다.

대장균군은 일반세균과 마찬가지로 단계희석한 시

료를 각각 1 mL씩 취해 petridish에 분주한 후 desoxycholate lactose agar (DLA, Difco)를 15 mL 분주하고 시료와 배지를 잘 혼합하여 굳힌 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 붉은색 colony를 계수하였다.

E. coli 는 1차 증균배양을 거친 시료 1 mL을 증균배지인 EC broth (Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후 발효관에 가스가 포집된 양성관에 한하여 선택배지인 eosin methylene blue agar (EMB, Difco)에 도말하였다. 제조사에서 제공된 매뉴얼에서 전형적인 집락으로 제시한 녹색의 금속성 광택을 띄는 colony만을 선택하여 trypticase soy agar (TSA, Difco)에서 배양시킨 후 다시 ChromID™ Coli agar (bioMerieux SA, Marcy Ietoile, France)에 배양하여 핑크색 colony를 확인하였다.

곰팡이는 단계희석 한 시료를 rose bengal agar (RBA, Difco)에 도말하여 28°C에서 72시간 배양한 후 생성된 colony를 계수하였다.

모든 결과값은 log₁₀ CFU값으로 환산하여 나타내었다.

4. 병원성 미생물 분석

병원성 미생물(*E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *B. cereus*, *S. aureus*)은 식품공전에 준하여 분석하였다. 이 중 *E. coli* O157, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.는 증균 및 분리배양, 확인시험 과정을 거쳐 오염여부를 확인하는 정성분석을 실시하였고,¹⁸⁾ *S. aureus* 와 *B. cereus* 는 식품공전에 준하여 정량분석과 정성분석을 동시에 실시하였다.

먼저, *E. coli* O157의 경우 1차 증균한 시료를 mEC broth에 첨가한 후 37°C에서 24시간 동안 2차 증균배양 하였고, 증균배양액 중 가스를 형성하며 양성으로 의심되는 시료를 대상으로 macConkey sorbitol agar (MSA, Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 sorbitol을 분해하지 않는 무색 colony를 대상으로 Power Check™ *Escherichia coli* O157 (Verotoxin2) Detection Kit를 이용하여 PCR로 동정하였다.

*L. monocytogenes*는 1차 증균 시료를 10 mL의 fraser broth에 접종하여 2차 증균한 후 진한 갈색을 나타내는 양성 의심 시료에 대하여 oxford agar (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK)에 접종하여 30°C에서 24시간 배양하였다. 배양 후 검은색 환으

Table 1. Microbial population of aerobic plate count bacteria in samples collected from elevator at apartments
(Unit: Mean \pm standard deviation; log CFU/100 cm² or button)

Sample	Time	Elevator A (n=40)			Elevator B (n=40)			Elevator C (n=40)			Total Average
		A1	A2	Average	B1	B2	Average	C1	C2	Average	
Button (Outside)	AM	2.3 \pm 0.1	1.9 \pm 0.3	2.1 \pm 0.3	2.2 \pm 1.5	1.3 \pm 1.8	1.8 \pm 0.6	2.4 \pm 0.5	1.3 \pm 0.7	1.9 \pm 0.8	1.9 \pm 0.2
	PM	ND*	0.3 \pm 0.4	0.3 \pm 0.0	0.3 \pm 0.5	0.9 \pm 0.5	0.6 \pm 0.4	ND	0.9 \pm 0.6	0.5 \pm 0.6	0.5 \pm 0.2
Button (Inside)	AM	2.6 \pm 0.3	2.5 \pm 0.1	2.6 \pm 0.1	2.9 \pm 0.2	1.0 \pm 1.5	2.0 \pm 1.3	2.8 \pm 0.1	2.4 \pm 0.5	2.6 \pm 0.3	2.4 \pm 0.4
	PM	0.3 \pm 0.5	0.4 \pm 0.6	0.4 \pm 0.1	1.0 \pm 0.0	0.5 \pm 0.0	0.8 \pm 0.4	1.1 \pm 0.1	0.8 \pm 0.4	1.0 \pm 0.2	0.7 \pm 0.3
Elevator handrail	AM	1.1 \pm 0.7	1.9 \pm 1.6	1.5 \pm 0.6	3.8 \pm 1.3	3.1 \pm 0.1	3.5 \pm 0.5	2.3 \pm 0.0	2.9 \pm 1.1	2.6 \pm 0.4	2.5 \pm 1.0
	PM	2.4 \pm 0.3	0.4 \pm 0.5	1.4 \pm 1.4	1.8 \pm 0.3	2.1 \pm 0.6	2.0 \pm 0.2	1.3 \pm 1.1	2.1 \pm 0.2	1.7 \pm 0.6	1.7 \pm 0.3
Wall	AM	0.3 \pm 0.4	1.1 \pm 0.7	0.7 \pm 0.6	2.3 \pm 0.1	1.6 \pm 0.7	2.0 \pm 0.5	1.9 \pm 0.2	2.0 \pm 0.6	2.0 \pm 0.1	1.5 \pm 0.7
	PM	ND	ND	ND	ND	0.9 \pm 1.2	0.5 \pm 0.6	0.4 \pm 0.5	1.9 \pm 0.8	1.2 \pm 1.1	0.6 \pm 0.6
Ventilator	AM	2.1 \pm 0.1	3.1 \pm 0.4	2.6 \pm 0.7	2.2 \pm 0.7	2.4 \pm 0.5	2.3 \pm 0.1	1.6 \pm 0.3	1.2 \pm 1.0	1.4 \pm 0.3	2.1 \pm 0.6
	PM	0.7 \pm 1.0	ND	0.4 \pm 0.5	0.6 \pm 0.8	0.8 \pm 1.1	0.7 \pm 0.1	1.8 \pm 1.0	1.3 \pm 0.0	1.6 \pm 0.4	0.9 \pm 0.6

*ND: Not detected

로 둘러싸인 colony를 대상으로 Power Check™ *Listeria monocytogenes* Detection Kit를 이용하여 PCR로 동정하였다.

Salmonella spp도 앞서 설명한 *E. coli* O157 및 *L. monocytogenes*와 동일한 방법으로 1차 증균한 시료를 10 mL의 Rappaport-Vassiliadis broth (RVB, Difco)에 접종하여 2차 증균한 후, 배지가 혼탁해진 양성 의심 시료에 대하여 xylose lysine desoxycholate agar (XLD, Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였으며, 생성된 검은색 colony를 대상으로 Power Check™ *Salmonella* spp. Detection Kit를 이용하여 PCR로 동정하였다.

*S. aureus*는 멸균된 생리식염수를 이용하여 10진 단계희석법으로 희석한 시료를 각 희석농도에서 0.1 또는 1 mL씩을 취하여 baird-parker agar (BPA, Difco)에 도말하여 37°C에서 48시간 동안 배양하였다. 배양된 colony 중 제조사의 매뉴얼에서 제시한 투명한 띠로 둘러싸인 광택이 있는 검정색 colony를 대상으로 계수하였다. 최종 동정을 위해 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 colony를 선별하여 TSA (Difco)에 접종한 후 37°C에서 24시간 동안 배양한 다음 DNA polymerase, dNTP Mixture, reaction buffer, loading dye 등이 포함된 PCR PreMix Kit (i-StarTaq)를 이용하여 PCR로 동정하였다.

*B. cereus*는 단계희석한 시료를 mannitol-egg yolk-polymyxin agar (MYP, Difco)에 도말하여 37°C에서

48시간 동안 배양하였다. 배양된 colony 중 제조사의 매뉴얼에서 제시한 혼탁한 환을 갖는 분홍색 colony를 대상으로 계수하였다. 최종 동정을 위해 *S. aureus*와 동일하게 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 colony를 선별하여 TSA (Difco)에 접종한 후 37°C에서 24시간 배양 후 DNA polymerase, dNTP Mixture, reaction buffer, loading dye 등이 포함된 PCR PreMix Kit (i-StarTaq)를 이용하여 PCR로 동정하였다.

4. 공중낙하균 측정

엘리베이터 내 공기의 미생물 오염 여부 및 그 정도를 확인하기 위하여 위생지표세균, 병원성 미생물 및 곰팡이를 측정하였다. 엘리베이터 내 바닥에 각 미생물에 대한 선택배지의 뚜껑을 열고 15분간 방치한 후 뚜껑을 닫고 parafilm으로 밀봉하여 37°C에서 48시간(단, 곰팡이는 28°C에서 72시간) 배양하였다. 병원성 미생물의 경우 배양된 colony 중 제조사의 매뉴얼에서 제시한 특정 colony를 대상으로 앞서 설명한 바와 같이 PCR로 확인하였다.

III. 결 과

1. 위생지표세균의 오염도

일반세균은 외부 버튼의 경우 6곳의 엘리베이터에서 청소 전과 청소 후에 각각 1.3~2.4 log CFU/button과 0.3~0.6 log CFU/button 범위로 검출되었고, 내부 버

Table 2. Microbial population of coliform in samples collected from elevator at apartments
(Unit: Mean ± standard deviation; log CFU/100 cm² or button)

Sample	Time	Elevator A (n=40)			Elevator B (n=40)			Elevator C (n=40)			Total Average
		A1	A2	Average	B1	B2	Average	C1	C2	Average	
Button (Outside)	AM	ND*	ND	ND ¹⁾	1.6±1.5	ND	0.8±1.1	ND	ND	ND	0.3±0.5
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Button (Inside)	AM	ND	ND	ND	1.5±1.1	ND	0.8±1.1	0.6±0.1	1.6±2.3	1.1±0.7	0.6±0.6
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Elevator handrail	AM	ND	0.3±0.4	0.2±0.2	3.7±1.4	1.9±0.3	2.8±1.3	ND	ND	ND	1.0±1.6
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Wall	AM	ND	ND	ND	ND	0.4±0.5	0.2±0.3	ND	0.3±0.4	0.2±0.2	0.1±0.1
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ventilator	AM	ND	0.3±0.5	0.2±0.2	0.3±0.4	ND	0.2±0.2	ND	ND	ND	0.1±0.1
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3±0.4	ND	0.2±0.2	ND

*ND: Not detected

Table 3. Microbial population of Fungi in samples collected from elevator at apartments.
(Unit: Mean ± standard deviation; log CFU/100 cm² or button)

Sample	Time	Elevator A (n=40)			Elevator B (n=40)			Elevator C (n=40)			Total Average
		A1	A2	Average	B1	B2	Average	C1	C2	Average	
Button (Outside)	AM	0.5±0.7	ND*	0.3±0.4	3.2±1.5	1.3±1.9	2.3±1.3	0.5±0.7	1.4±0.6	1.0±0.6	1.2±1.0
	PM	0.5±0.7	ND	0.3±0.4	ND	0.5±0.7	0.3±0.4	0.5±0.7	0.5±0.7	0.5±0.0	0.4±0.1
Button (Inside)	AM	1.2±0.3	ND	0.6±0.8	0.7±1.0	1.2±0.2	1.0±0.4	0.7±0.9	ND	0.4±0.5	0.6±0.3
	PM	ND	ND	ND	ND	2.8±2.5	1.4±2.0	ND	ND	ND	0.5±0.8
Elevator handrail	AM	1.5±0.0	ND	0.8±1.1	2.0±0.3	2.3±0.2	2.2±0.2	0.9±1.3	0.5±0.7	0.7±0.3	1.2±0.8
	PM	1.2±0.2	ND	0.6±0.8	0.7±1.0	ND	0.4±0.5	ND	ND	ND	0.3±0.3
Wall	AM	0.5±0.7	0.5±0.7	0.5±0.0	0.7±0.9	0.7±0.9	0.7±0.0	0.5±0.7	0.5±0.7	0.5±0.0	0.6±0.1
	PM	ND	0.5±0.7	0.3±0.4	ND	0.7±1.0	0.5±0.5	ND	0.9±1.3	0.5±0.6	0.4±0.1
Ventilator	AM	1.5±0.1	1.5±0.3	1.5±0.0	0.9±1.3	2.4±0.3	1.7±1.1	0.5±0.7	2.1±0.7	1.3±1.1	1.5±0.2
	PM	0.5±0.7	0.7±1.0	0.6±0.1	ND	0.9±1.3	0.5±0.6	1.3±0.0	0.7±1.0	1.0±0.4	0.7±0.3

*ND: Not detected

튼의 경우 청소 전에는 1.0~2.9 log CFU/button 수준으로, 청소 후에는 0.3~1.1 log CFU/button 수준으로 오염되어 있는 것을 확인하였다. 엘리베이터 내 손잡이에서의 오염도는 청소 전에는 1.1~3.8 log CFU/100 cm² 수준으로, 청소 후에는 1.3~2.4 log CFU/100 cm² 수준으로 확인되었다. 벽면은 청소 전에는 0.3~2.3 log CFU/100 cm² 수준으로 오염되어 있는 것으로 확인되었으나, 청소 후에는 B2 엘리베이터에서 0.9 log CFU/100 cm², C1과 C2 엘리베이터에서 각각 0.4 와 1.9 log CFU/100 cm²의 낮은 수준으로 검출되었다. 환풍기의 경우도 다른 시료와 마찬가지로 청소 전 보다는 청소 후

가 더 낮은 수준으로 검출되었고, 특히 C1과 C2 엘리베이터의 경우 청소 전과 청소 후의 오염도가 각각 1.2~1.6과 1.3~1.8 log CFU/100 cm²으로 다른 시료와는 달리 오염도가 비슷한 것으로 나타났다(Table 1).

대장균군의 오염도는 Table 2와 같으며 C1 엘리베이터를 제외하고는 청소 전에 채취한 시료에서만 검출이 되었다. 외부 버튼은 6곳의 엘리베이터 중 B1 엘리베이터에서만 1.6 log CFU/button으로 검출되었고, 내부 버튼은 B1, C1, C2 엘리베이터에서 각각 1.5, 0.6, 1.6 log CFU/button으로 검출되었다. 엘리베이터 내 손잡이의 경우 A2, B1, B2 엘리베이터

Table 4. Microbial population of *B. cereus* in samples collected from elevator at apartments

Sample	Time	No. of isolates (%)	Distribution of bacterial count (CFU/100 cm ² or button)			
			0	1~<10 ¹	10 ¹ ~<10 ²	>10 ²
Button (Outside)	AM	0 (0)	12 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	PM	0 (0)	12 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Button (Inside)	AM	1 (8.3)	11 (91.7)	1 (8.3)	0 (0)	0 (0)
	PM	0 (0)	12 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Elevator handrail	AM	6 (50)	6 (50)	3 (25)	3 (25)	0 (0)
	PM	0 (0)	12 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Wall	AM	1 (8.3)	11 (91.7)	1 (8.3)	0 (0)	0 (0)
	PM	2 (16.7)	10 (83.3)	0 (16.7)	2 (16.7)	0 (0)
Ventilator	AM	5 (41.7)	7 (58.3)	2 (16.7)	3 (25)	0 (0)
	PM	1 (8.3)	11 (91.7)	1 (8.3)	0 (0)	0 (0)

(%) = Percentage of samples unsatisfactory

에서 0.3~3.7 log CFU/100 cm² 수준으로, 벽면은 B2와 C2 엘리베이터에서 각각 0.3과 0.4 log CFU/100 cm²로 검출되었다. 환풍기는 청소 후에 채취한 C1 엘리베이터 시료에서 0.3 log CFU/100 cm²만 검출되었다. 대장균은 모든 시료에서 불검출 되었다.

2. 곰팡이의 오염도

곰팡이 오염도를 확인한 결과는 Table 3과 같다. 외부 버튼의 경우 A1 엘리베이터를 제외한 엘리베이터에서 청소 전에는 0.5~3.2 log CFU/button 수준으로, 청소 후에는 0.5 log CFU/button 수준으로 검출되었고, 내부 버튼의 경우에는 청소 전에는 0.7~1.2 log CFU/button 수준으로, 청소 후에는 B2 엘리베이터에서만 2.8 log CFU/button가 검출되었다. 손잡이의 경우도 청소 전에는 0.5~2.3 log CFU/100 cm² 수준으로, 청소 후에는 A1, B1 엘리베이터에서만 각각 0.4와 0.7 log CFU/100 cm²이 검출되었다. 벽면과 환풍기 또한 청소 전보다는 청소 후에 더 낮은 수준으로 오염되거나 검출되지 않은 것을 확인할 수 있었으며, 전반적으로 청소 여부에 따라 곰팡이 오염도는 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

3. 병원성 미생물의 오염도

일반세균과 마찬가지로 선정된 6곳의 엘리베이터의 외부 버튼, 내부 버튼, 손잡이, 벽면 그리고 환풍기에 대하여 병원성 미생물에 대한 오염도를 분석한 결과 Table 4와 같이 엘리베이터 내부 공기를 제외한 120

점의 시료 중 16점(13.3%)에서 *B. cereus*가 검출되었다.

외부 버튼을 제외한 내부 버튼, 손잡이, 벽면 등 손과 접촉이 있는 대부분의 표면에 *B. cereus*가 존재하는 것으로 확인되었고, 공기의 출입이 이루어지는 환풍기에도 오염이 가능한 것을 확인할 수 있었으며 손잡이에서는 최고 1.6 log CFU/100cm²까지 검출되었다. 또한 *B. cereus*가 검출된 16점(13.3%)의 시료 중 13점(76.9%)의 시료가 청소 전에 수집한 시료로 확인되었다. 그 외 *S. aureus*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 및 *E. coli* O157은 검출되지 않았다.

4. 엘리베이터 내 공기의 미생물 오염도

엘리베이터 내 공기에 대한 미생물 오염도를 확인한 결과는 Table 5와 같이 일반세균과 곰팡이를 제외한 미생물은 모두 불검출 되었다. 일반세균의 경우 청소 전에는 0.6~1.2 log CFU/plate 수준을 나타내었고, 청소 후에는 0.0~0.3 log CFU/plate 수준으로 청소 전에 비해 청소 후에 더 미생물 오염도가 낮은 것을 확인할 수 있었다. 곰팡이도 B2의 엘리베이터를 제외하고는 일반세균과 마찬가지로 청소 전에 비해 청소 후에 조금 더 낮은 수준으로 오염되어 있는 것을 확인할 수 있었으며, B2 엘리베이터의 경우도 0.1 log CFU/plate로 매우 미미한 수준의 차이를 나타내었다.

IV. 고 찰

본 연구를 위해 선정된 아파트는 건축 후 경과 년

Table 5. Bacterial populations of airborne bacteria in samples collected from elevator at apartments
(Unit: Mean \pm standard deviation; log CFU/plate)

Microorganism	Time	Elevator A (n=8)		Elevator B (n=8)		Elevator C (n=8)	
		A1	A2	B1	B2	C1	C2
APC	AM	0.9 \pm 0.2	0.4 \pm 0.6	0.6 \pm 0.9	0.7 \pm 0.0	1.2 \pm 0.2	0.8 \pm 0.1
	PM	0.3 \pm 0.5	0.2 \pm 0.2	0.3 \pm 0.0	ND	0.3 \pm 0.5	0.3 \pm 0.4
Coliform	AM	ND*	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>E. coli</i>	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>E. coli</i> O157	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>L. monocytogenes</i>	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>B. cereus</i>	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>S. aureus</i>	AM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	PM	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fungi	AM	1.0 \pm 0.2	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.1	0.7 \pm 0.1	0.8 \pm 0.2	0.9 \pm 0.2
	PM	ND	0.3 \pm 0.4	0.4 \pm 0.1	0.8 \pm 0.0	0.6 \pm 0.2	0.6 \pm 0.2

*ND: Not detected

도와 지역에 따라 A (1~2년 이내), B (10년 이상), C (20년 이상)로 구분하였으며, 시료 채취는 청소 전 (10~12시)과 청소 후(3~5시)로 구분하여 실시하였다. 청소 전은 엘리베이터 청소를 하기 전으로 당일 청소 후부터 다음 날 청소 전 까지 불특정 다수의 사람들이 엘리베이터를 이용한 상태의 미생물 오염도를 측정하였고, 청소 후는 청소를 하고 난 후로 사람들의 엘리베이터 이용이 적을 때의 미생물 오염도를 측정하여 엘리베이터의 미생물 오염도 확인과 함께 청소 유무에 따른 미생물 오염도 차이를 확인하였다.

건축 후 경과 년도에 따라서는 건축 후 얼마 되지 않은 A 아파트의 엘리베이터가 B와 C 엘리베이터 보다 미생물 오염도가 비교적 낮은 것으로 확인되었다. 엘리베이터가 미생물 등이 쉽게 증식할 수 있는 최적의 환경이 아닌 만큼 오염도 차이가 크지는 않다. 하지만 A 아파트가 B와 C 아파트 보다 낮은 수준으로 검출된 것은 A 아파트는 아직 입주가 완료되지 않아 거주하는 사람들의 수가 B와 C 아파트보다 상대적으로 적어 엘리베이터 이용빈도가 낮았기 때

문인 것으로 생각된다.

청소 전과 청소 후의 미생물 오염도를 비교한 결과 거의 모든 엘리베이터에서 청소 전보다 청소 후에 더 낮은 오염도를 나타내었고, 아파트 별로 비교하였을 때는 큰 차이는 없었으나 대장균과 곰팡이의 경우 A 아파트의 엘리베이터가 B와 C 아파트의 엘리베이터에 비해 조금 더 낮은 오염도를 나타내었다. 청소 전보다 청소 후에 미생물 오염도가 낮은 이유는 이용자들에 의해 오염되어 있던 미생물이 청소를 하는 과정에서 어느 정도 제거가 되었기 때문인 것으로 생각된다.

대상 시료에 따라서는 이용하는 사람들의 손 접촉이 많은 내외부 버튼과 엘리베이터 내 손잡이의 미생물 오염도가 높은 것으로 나타나 엘리베이터에서의 미생물 오염은 주로 이용자들의 손이 원인인 것으로 판단된다. 또한 엘리베이터를 이용하는 사람들은 버튼을 누르지 않고서는 원하는 층으로 이동할 수 없기 때문에 이용자들의 의해 적어도 한번씩은 접촉이 있는 버튼에서 미생물 오염도가 높으며, 손잡이의 경우 버튼을 누른 사람 중 접촉을 하지 않는 사람들이 있어 버

튼보다 오염이 될 기회는 적지만 버튼 보다 닿아 있는 시간이 길기 때문에 오염도가 높은 것으로 보여진다.

사람의 피부에는 수많은 미생물이 존재하기 때문에 청결하지 못한 위생 상태에서는 식중독이 발생하게 된다. 사람의 신체 부위 중 특히 손은 1 cm² 당 45,000마리의 호기성 세균이 존재하고 있어 식중독과 직접적인 관련이 있는 신체 부위이다.¹⁹⁾ 엘리베이터는 손에 의한 오염이 많음에 따라 *S. aureus* 가 높은 수준으로 검출 될 것이라는 생각과 달리 본 연구에서는 검출되지 않았으나 Hatakka²⁰⁾ 등과 김 등²¹⁾의 연구에 의하면 개인위생과 관련된 손, 코, 피부, 작업복에서 빈번하게 *S. aureus*가 검출되었고, 그 중 25~50%가 *S. aureus* 보균자이며, 사람에서 분리된 균주의 15~20%가 enterotoxin 생산주인 것으로 확인되었다. 이와 같이 손은 무엇보다도 가장 큰 전파의 수단이 되며 인체 침입, 감염, 오염 등 전염의 핵심매개체 역할을 하게 된다.²²⁾ 따라서 손 소독이나 세척을 통해 손의 위생 관리를 하여 개인의 호흡기계, 소화기계 및 피부 등을 통한 전염을 차단하여 스스로의 감염 예방은 물론, 본인으로 인한 교차 오염 및 2차 감염을 예방하는 것이 필요할 것이다.²³⁾

환풍기의 경우 청소가 제대로 이루어지지 않아 미생물의 오염도가 비교적 높을 것이라는 예상과는 달리 비교적 낮은 수준의 미생물 오염도를 나타내었다. 최 등²⁴⁾은 청소 등의 위생관리가 어렵고 어두운 승강로와 오랫동안 먼지가 쌓여있는 환풍기 등에 습기가 생기게 되면 호흡계질환 및 여러 가지 건강장애를 일으킬 수 있는 생물학적 인자(biological agents)가 잘 서식할 수 있게 된다고 보고하고 있다. 그리고 엘리베이터 내부 공기는 엘리베이터 외부 천정에 설치되어 있는 환풍기를 통해 내부로 유입되는 방식이 대부분 적용되고 있어 사람들이 엘리베이터를 타거나 내릴 때를 제외하면 외부 공기의 유입이 어려운 상태이므로 장마철 등 다습한 환경에서는 곰팡이 등의 미생물이 잘 자랄 수 있는 환경이 조성될 가능성이 많다. 이때 미생물들이 환풍기를 통해 엘리베이터 내로 유입될 경우 이용자들은 평상시 생물학적 인자에 노출되던 농도보다 높은 농도에 노출될 가능성이 높아지며, 증가된 농도에 장기적으로 노출되었을 때는 호흡계질환 및 여러 가지 다른 건강장애가 생길 가능성도 높아진다.^{25,26)} 따라서 환풍기가 비록 높은 곳에 위치해 있지만 환풍기 및 그 주변

의 청결관리를 통해 미생물의 증식 및 외부 미생물의 유입을 방지 수 있도록 해야 할 것이며, 미생물들은 먼지 속에서도 서식할 수 있기 때문에 먼지를 제거하는 것 또한 미생물 오염을 줄일 수 있는 하나의 방안이라고 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 경상남도에 소재한 주거용 아파트 6곳의 엘리베이터(A1, A2, B1, B2, C1, C2)를 대상으로 미생물 오염 가능성이 많을 것으로 추측되는 특정 부위(엘리베이터 내외부 버튼, 손잡이, 벽면, 환풍기 입구)와 내부 공기를 대상으로 미생물 오염도를 확인하였다.

청소 전과 청소 후로 나누어 총 144점의 시료를 채취하여 미생물 오염 실태를 조사한 결과 일반세균의 경우 청소 전과 청소 후 각각 0.3~3.8 log CFU/100 cm² or button과 0.0~2.4 log CFU/100 cm² or button 수준으로 검출되었으며, 대체로 청소 전보다는 청소 후에 위생상태가 양호한 것을 확인할 수 있었다. 대장균군은 청소 전의 경우 손잡이에서 최고 3.7 log CFU/100 cm²까지 검출되었으나 청소 후에는 대부분 불검출 되었고, C1의 엘리베이터 내 환풍기에서도 검출되기는 하였으나 그 수준은 0.3 log CFU/100 cm²으로 낮은 수치를 나타내었다. 대장균은 모든 시료에서 불검출 되었다. 곰팡이는 모든 시료에서 청소 전 보다 청소 후에 오염도가 낮은 것으로 확인하였고, 전체적으로는 환풍기가 다른 시료에 비해 오염 정도가 높게 나타났다.

병원성 미생물은 *B. cereus*만 전체 샘플 중 16점(11%)에서 검출되었고, 그 외 다른 병원성 미생물인 *S. aureus*, *Salmonella* spp. *L. monocytogenes*, *E. coli* O157은 검출되지 않았다. 엘리베이터 내 공기에서는 일반세균과 곰팡이 외에 다른 미생물의 오염은 확인되지 않았으며, 다른 시료와 마찬가지로 청소 후에 채취한 시료에서 더 낮은 수준의 오염도를 확인하였다.

본 연구를 통해 주거용 아파트 엘리베이터 환경의 미생물 오염도는 사람들의 이용 빈도와 청소여부에 따른 차이는 있지만 대체로 낮은 수준으로, 위생상태가 양호한 것을 확인하였다. 또한 청소를 실시한 후에는 미생물의 오염도가 감소함을 확인함에 따라 엘리베이터를 이용하는 사람들에게 위생적이고 청결

한 엘리베이터 내 공간을 제공하기 위해서는 주기적으로 청소를 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Korea Ministry of Government Legislation. Building Act. <http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&subMenu=4&query=#liBgcolor11>. Building Act. 2013. [accessed 8 October 2013]
2. Korea Elevator Safety Institute. History of Elevator development. Available: http://www.kesi.or.kr/kesi2013/sub/elevator/01_01.jsp [accessed 8 October 2013]
3. Park JH, Choi YG, Suh JM. A study on the characteristics of indoor air quality in elevator. *J. Environ. Sci.* 2012; 21(6): 677-685.
4. Jo JH, Park SH. A study on Ni, Cr and Cu concentrations of ambient air adjacent to heavy traffic road side in Seoul and correlations between those and traffic volume by types of car. *J. Environ. Health Sci.* 1999; 25(3): 51-57.
5. Choi JT, Kim YS. An investigation on concentration of airborne microbes in a hospital. *J. Environ. Health Sci.* 1993; 19(1): 30-36.
6. Kim YS. A perspective on indoor air pollution. *J. KAPRA.* 1993; 9(1): 33-43.
7. Kim YS, Roh YM, Hong SC, Lee CM, Jun HJ, Kim JC, et al. A survey of indoor air quality in public facilities. *J. Korean Soc. Indoor Environ.* 2005; 1(2): 144-155.
8. Roh YM, Kim YS, Lee CM, Kim KY, Jeon HJ, Kim JC. The distribution characteristics of the hazardous agents in indoor environment of some vessels. *J. Korean Soc. Indoor Environ.* 2006; 3(4): 376-386.
9. Park JH. The effect of ventilation and concentration of indoor air quality at indoor parking Lots. *J. Korean Soc. Occup. Environ. Hyg.* 2010; 20(4): 241-247.
10. Park WM, Roh YM, Lee CM, Kim YS, Park DS, Jang BK, et al. A survey of CO₂ concentration levels in some passenger cabin of the Seoul metropolitan subway. *J. Korean Soc. Indoor Environ.* 2006; 3(1): 8-15.
11. Sakong J, Baek SO, Jeon MJ. Formaldehyde, volatile organic compounds inside newly produced vehicle and neurobehavioral performance of vehicle drivers. *J. Korean Soc. Indoor Environ.* 2009; 6(2): 111-122.
12. Cho TJ, Choi HS, Jeon YT, Lee CW, Lee JD, Jou HM, et al. The study of indoor air quality at schools in Chung-Nam area. *J. Environ. Sci.* 2008; 17(5): 501-507
13. Gravesen, S. Microbiology on Indoor Air '99-what is new and interesting? An overview of selected papers presented in Edinburgh, August, 1999. *Indoor Air.* 2000; 10(2): 74-80.
14. Doyle MP, Ruoff KL, Pierson M, Weinberg W, Soule B, Michaels BS. Reducing transmission of infectious agents in the Home Part I: sources of infection. *Food Environ. Sanit.* 2000; 20: 330-337.
15. Weinstein J. The clean restaurant employee hygiene. *Restaurants Inst.* 1991; 101(13): 138-139.
16. Restaine L, Charles EW. Antimicrobial effectiveness of hand washing for food establishment. *Dairy Food Environ. Sanit.* 1990; 10(3): 136-141.
17. Kildeso J, Wrtz H, Nielsen KF, Kruse P, Wilkins K, Thrane U, et al. Determination of fungal spore release from wet building materials. *Indoor Air.* 2003; 13(2): 148-155.
18. MFDS. Korean Foods Code. Cheongwon: Ministry of Food and Drug Safety; 2013.
19. Seo SH, Ryu KM. Preception of foodborne illness prevention and personal hygiene practice. *Kor. J. Food Cookery Sci.* 2008; 24(3): 294-303.
20. Hatakka M, Bjorkoth KJ, Asplund K, Maki-Petays N, Korkeala HJ. Genotypes and enterotoxicity of *Staphylococcus aureus* isolated from the hands and nasal cavities of flightcatering employees. *J. Food Prot.* 2000; 63(5): 1487-1491.
21. Kim JS, Shim WB, Kim JH, Kim SR, Chung DH. Sanitary microbial distribution at the tomato farms in western Gyeongnam. *J. Environ. Health Sci.* 2006; 32(1): 77-88.
22. Rotter ML. Hand washing and hand disinfection. In: Mayhall CG Editor. Hospital Epidemiology and Infection Control, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1999. p.1399-1355.
23. Larson E. Skin hygiene and infection prevention, more of the same of different approaches? *Clin. Infect. Dis.* 1999; 29(5): 2387-1294.
24. Choi IC, Shin SH, Jo WK. Evaluation of rdon lvels in vrious pblic-access bildings or uderground fcilities, and teir tmporal vriation in uderground fcilities. *J. Envirpn. Toxicol.* 2009; 24(3): 203-211.
25. Park JH. Exposure assessment of biological agents in indoor environments. *J. Env. Hlth. Sci.* 2009; 35(4): 239-248.
26. Gots RE, Layton NJ, Pirages SW. Indoor health: background levels of fungi. *AIHA J.* 2003; 64(4): 427-438.