

## 대학 구내 시설물과 급식소 집기의 접촉에 의한 미생물학적 위해성의 정량비교

조영근

경성대학교 생물학과

### Comparison of Microbiological Risks in Hand-Contact Surfaces of Items in Cafeteria versus Items in Other Facilities in a College Campus

Young-Gun Zo

Department of Biology, Kyungsoo University, Busan 608-736, Republic of Korea

(Received February 25, 2013 / Accepted March 19, 2013)

As facilities and equipments for learning activities in college campuses are handled by mass public, their contact surfaces may function as major routes of cross-infection of microbial pathogens. However, unlike items in cafeteria which is the typical target for campus hygiene, those surfaces are not under regular surveillance or sanitary maintenance. In this study, I made a quantitative comparison of the risk of being exposed to microbial pathogens from use of learning facilities such as classrooms and library to the risk from use of cafeteria, for about 1,500 students in a college. Regarding total coliforms as surrogate model of bacterial pathogens, exposure rates were estimated for each item in learning facilities and cafeterias by devising deterministic exposure algorithms based on bacterial abundance, contact rates and transfer rates. The exposure rate in cafeterias was 1.0 CFU/day while learning facilities imposed the rate of 0.5 CFU/day, which reaches a half of the exposure rate in cafeterias. However, 70% of students were exposed more in learning facilities than cafeteria because individuals had different frequencies in using cafeteria. Based on the results, some human-contact surfaces of learning facilities, including elevator buttons, may require regular sanitary maintenance. An efficient sanitary maintenance considering seasonality in diversity of pathogens involved with cross-infections is suggested besides improvement of personal hygiene among students.

**Keywords:** cafeteria, college campus, exposure rate, quantitative microbial risk assessment, total coliforms

한국의 학교 교정은 다중이용시설일 뿐만 아니라, 학생들이 일상의 상당시간 동안을 체류하는 공동 생활환경으로 기능한다. 특히 대학교의 경우, 전체 학생수(>3백만 명)가 초등학교 다음으로 많고, 교실당 학생수가 평균 50명을 초과하면서 학급당 평균 189명이 동시 수학하는 조건으로, 초·중등 교육기관의 24-33명에 비하여서도 고밀도 환경이다(교육통계서비스, <http://cesi.kedi.re.kr>). 그리고 다양한 주거환경에서 원거리 통학을 하는 학생들이 타 교육기관에 비하여 많다는 점 등 때문에 대학교 교정은 지역사회 획득 감염병의 집단발병 위험과 발생 규모가 크다고 볼 수 있다. 따라서, 강의실과 도서관 등 학습을 위한 대학 교정내 재반 환경의 미생물학적 위생상태는 잘 관리되어야 한다.

대학 교정에서 발생하는 병원체 감염은 급식소와 화장실 같은 점원 유래 감염(Kim *et al.*, 2010; Lee, 2011; Kim, 2012)과 인플루엔자 등과 같은 지역공동체 유래 교차감염(Holmes *et al.*, 2011; Palin and Greer, 2013)으로, 감염원과 경로를 달리하여

구분될 수 있다. 학교 급식소를 통하여 병원체에 감염된 유증상자의 수가, 국내에서 파악된 감염병 감염 경로 중 가장 많아(Korea Centers for Disease Control and Prevention, 2011), 급식소가 대학 교정의 가장 주된 감염원과 감염경로를 제공한다는 것이 일반적 인식이다. 현재 대학 교정의 위생관리는 급식소의 위생관리를 중심으로 이루어지고 있다. 2001년 제정된 ‘학교급식 위생관리지침서’에 따라 학교별 연 2회 이상 위생·안전 점검을 실시하는 것과 위해요소중점관리법을 실시하는 것을 주요 관리내용으로 삼으며(Ha, 2008), 식재료와 음식물 생산 공정을 관리하고 그 상태를 이용자에게 공지하도록 하고 있다(Kim *et al.*, 2004). 반면, 음식품이 완성된 후의 위생상태는 관리의 대상이긴 하지만, 위생상태를 주기적으로 검사하고 결과를 이용자에게 제시할 것을 규정하지 않아, 급식소에 비치된 식기와 집기들의 위생상태가 파악되지 않는 맹점이 있다(Kim *et al.*, 2011).

한편, 급식소 이외의 대학교정 시설과 물품들의 인체접촉면에 대한 위생상태는 주기적으로 파악되거나 제시되지 않고 있으므로, 특정 점원으로부터 도입된 병원체가 교정의 물품들을 통해 다수의 교정 구성원들에게 전파되는 교차감염이 발생할 가능

\*For correspondence. E-mail: [zoyful@gmail.com](mailto:zoyful@gmail.com); Tel.: +82-51-663-4643; Fax: +82-51-627-4645

**Table 1.** Abundance of total coliforms and exposure factors used in this study

Factor	Item	S <sup>a</sup>	Estimate	Unit	Source	Description
Conc. of total coliforms	Elevator#2	$C_{e2}$	1111	CFU/m <sup>2</sup>	Lee and Zo (2011)	
	Elevator#26	$C_{e26}$	17	CFU/m <sup>2</sup>	Lee and Zo (2011)	
	Dining table	$C_t$	33	CFU/m <sup>2</sup>	Lee <i>et al.</i> (2012)	
	Water cup	$C_u$	315	CFU/m <sup>2</sup>	Lee <i>et al.</i> (2012)	
Contact rate	Fingertip area	$A_f$	3.8	cm <sup>2</sup>	The 6th Size Korea	distal index finger length x distal index finger breadth
	Hand area	$A_h$	143.3	cm <sup>2</sup>	The 6th Size Korea	palm breadth x hand length
	Hand-wrapped area	$A_r$	26.7	cm <sup>2</sup>	The 6th Size Korea	palm breadth x inner grip circumference
	Lower vermilion area	$A_v$	2.9	cm <sup>2</sup>	Lee <i>et al.</i> (2007)	
	Water-level cup area	$A_w$	104.4	cm <sup>2</sup>	This study	area of inner surface of cafeteria cup contacting water
Transfer efficiency	Surface-to-hand	$T_h$	33%		Tanner (2009)	from hard surfaces of cup, button and table to hand
	Hand-to-mouth	$T_m$	34%		Tanner (2009)	From hand to mouth during daily activity
	Surface-to-vermilion	$T_v$	33%		Tanner (2009)	from outer surface of cup to mouth
	Surface-to-water	$T_w$	56%		This study	from outer surface of cup to drinking water
Water volume	dispensed volume	$V_d$	164.5	ml	This study	mean volume of water dispensed from water fountain
	consumed volume	$V_w$	74.8	ml	This study	mean volume consumed per use of cafeteria cup

<sup>a</sup> symbol of exposure factor variables used in equations of exposure estimates.

성이 상존한다. 2009년 신종인플루엔자 A(H1N1)가 외국여행과 행사모임이 잦은 대학생들 사이에 유행한 경우(질병관리본부 보도자료 2009년 7월 9일: 대규모 행사 등을 통한 신종인플루엔자 감염사례 증가 추세)와, 2011년 부산지역 3개 대학 구내 인체접촉면에 대한 총대장균군 분포조사 결과 승강기버튼 등에서 기회성 병원균들이 검출된 경우(Lee and Zo, 2011) 등은 대학구내 교차감염 위해성의 상존을 방증한다. 그럼에도 불구하고, 국내에서 대학 시설 및 집기류를 손으로 접촉하면서 발생하는 감염위해도는 잘 알려져 있지 않다. 이는 식중독 등의 점원 유래 고병원성 집단감염에 비하여 증상이 나타나는 감염 집단의 규모가 작고, 교차오염의 경로 추적이 쉽지 않아 주도 면밀한 관찰이 쉽지 않기 때문이다(Park and Bae, 2006). 대학 구내 식품위생을 중심으로 대학교정의 위생상태를 관리하는 것은 집단식중독 예방을 위한 유효한 접근법이겠지만, 급식소 음식품 이외의 오염원에 대한 관리가 부재하므로, 대학 구내 다중이용시설 및 물품을 통한 교차오염의 미생물학적 위해성을 평가할 필요가 있다.

본 연구는 경성대학교 이과대학 학생들이 이용하는 구내 시설의 인체접촉면에 분포하는 총대장균군 세균들을 교차감염의 대리모델(surrogate model)로 설정하고, 총대장균군이 검출된 인체접촉면들에 대한 학생들의 노출계수를 산정하여, 학생들의 총대장균군에 대한 노출량을 평가함으로써, 대학 교정 공동 생활환경에서 대학생들이 미생물학적 위해성에 노출되는 정도를 평가하였다. 그 방법으로, 학습시설에서 산정된 노출량이 어느 정도의 위생관리를 요구하는 위해도인지 판단하기 위하여, 구내 집단급식소의 식기와 집기에 분포하는 총대장균군에 대한 노출량과 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 총대장균군의 분포

본 연구의 범위를 약 1,500명의 경성대학교 이과대학 학생들

이 공동사용 시설과 물품에 분포하는 총대장균군에 노출되는 정도를 파악하는 것으로 설정하였다. 2011년 동 대학교 3개 건물의 인체 접촉면을 대상으로 실시된 총대장균군 밀도 조사 결과(Lee and Zo, 2011)와 2개 구내 집단급식소에 비치된 수저와 집기를 대상으로 진행된 총대장균군 분포 조사 결과(Lee *et al.*, 2012)를 대학 구내 인체접촉면상 총대장균군 농도의 자료로 사용하였다. 전자의 학습시설에 대한 조사는 이과대학 재학생 100명을 대상으로 일간 출입하는 건물을 설문조사하여, 3개의 공통 출입 건물을 선정하였고, 강의실과 화강실 출입문, 승강기버튼, 컴퓨터 입력 장치, 책상 등 72개 물품의 손 접촉 가능한 표면에서 막여과법과 *m*-Endo 고형배지에 의한 추정시험과 BGLB 액상 배지에 의한 확정시험으로 총대장균군을 계수한 결과이며, 분석대상 물품 중 2개 건물의 승강기 버튼에서만 총대장균군이 검출되었다(Table 1). 후자의 급식소에 대한 조사는 대상학생들이 주로 사용하는 구내급식소를 전자와 동일한 100명의 학생을 대상으로 설문조사하여, 사용빈도가 가장 높은 2개의 급식소를 선정하여 비치된 물컵, 수저, 탁자 등 18개 물품의 총대장균군 농도를 조사한 결과를 보고한 것이다. 조사 물품 중, 1개 급식소의 물컵과 식탁에서 총대장균군이 검출되었다(Table 1).

### 총대장균군의 동정

급식소에서 분리된 총대장균군 균집과 승강기버튼에서 분리된 총대장균군 균집의조성을 비교하기 위하여, 급식소에서 분리된 9개 균주와 승강기버튼에서 분리된 13개 균주의 16S rRNA 유전자 염기서열을 비교·동정하였다. 보고된 염기서열을 Ribosomal Database Project (RDP) (Cole *et al.*, 2005)의 데이터베이스에 공개된 표준균주의 염기서열과 함께 CLUSTAL W (Larkin *et al.*, 2007)로 자동정렬하고, 실험자에 의해 수기로 편집정렬하였다. 분리 주 속하는 속(genus)의 동정은 RDP와 Classifier을 이용하여 이루어졌고, 종(species)의 동정은 MEGA version 5 (Tamura *et al.*, 2011)에서 Maximum Likelihood와 Hasegawa Kishino-Yano

model (Kishino and Hasegawa, 1989)로 계통도를 작성한 후, 2,000회의 bootstrap 지지도와 RDP의 SeqMatch에 의한 염기서열 일치도 결과에 근거하여 종명을 판정하였다.

**노출량의 산정**

동일한 학생집단이 구내 급식소에 비치된 집기와 접촉을 통하여 총대장균군에 노출되는 양과 그 외 대학 구내 시설에서 총대장균군에 대하여 보이는 노출량을 상대적으로 비교하여 두 가지 시설의 미생물학적 위해도를 비교·평가하였다. 이와 같이 두 가지 노출량의 상대적 비교로 위해도를 해석하는 접근법을 통하여, 접촉율, 전이율 등의 다양한 노출계수의 전반적 분포를 고려하지 않고, 노출알고리즘에 노출계수 대표값(Table 1)만을 사용하는 결정론적 방법을 사용할 수 있었다(환경부예규 제415호, 2010). 총대장균군이 검출된 물품은 승강기버튼, 물컵, 식탁으로 한정되었으므로(Lee and Zo, 2011; Lee et al., 2012), 다른 물품에는 총대장균군이 분포하지 않는 것으로 노출경로를 단순화하였다. 승강기버튼과 식탁의 미생물에 대한 노출알고리즘으로, 손으로 물품과 접촉하여 일차적으로 물품의 미생물이 손으로 전이되는 과정과 이차적으로 손에 묻은 미생물이 입으로 전이되는 이단계 과정을 상정하였다(Tanner, 2009). 수식 1과 같이, 접촉률과 전이율의 함수관계로 1회 접촉시 노출량( $E$ )이 계산되었다.

$$E = CA T_h T_m \quad \text{수식 1}$$

여기서 총대장균군의 물품표면상 밀도  $C$ 와 접촉률  $A$ 에 대하여, 식탁의 경우  $C_t$ 와  $A_t$ , 두 개의 승강기( $e\#2$ 와  $e\#26$ )의 버튼의 경우  $C_e$  또는  $C_{e26}$ 와  $A_e$ 를 적용하였다(Table 1). 물컵의 경우 3가지 노출알고리즘이 존재하는 것으로 설정되었다. 첫째 노출량( $E_{C1}$ )은 손으로 잡는 외측표면의 경우로, 버튼 및 식탁과 마찬가지로 손을 경유한 노출이 이루어진다. 둘째 노출량( $E_{C2}$ )은 입술이 컵의 표면에 닿아 컵 표면의 미생물이 입으로 전이되는 경로에 의하며, 셋째 노출량( $E_{C3}$ )은 컵의 물이 닿는 내측표면의 미생물이 탈리되어 음용수로 들어가고 이어서 음용수와 함께 입으로 들어가는 경로에 의한다. 따라서 물컵 1회 이용시 노출량( $E_C$ )은  $E_C = E_{C1} + E_{C2} + E_{C3}$ 로 합산하였다. 물컵의 세가지 경로별 노출량은 다음 수식들과 같이 산정되었다.

$$E_{C1} = C_u A_r T_h T_m \quad \text{수식 2}$$

$$E_{C2} = C_u A_v T_v \quad \text{수식 3}$$

$$E_{C3} = C_u A_w T_w (V_w/V_d) \quad \text{수식 4}$$

여기서,  $V_d$ 와  $V_w$ 은 각각 학생이 컵에 담은 물의 부피와 그 중 학생이 마시는 물의 부피로, 그 비율은 컵 내측표면에서 탈리된 총대장균군 세균의 전체 숫자 중 학생이 마시는 숫자의 비율이다.  $E_{C2}$ 의 경우, 컵에서 입술로 전이된 세균들은 인체로 전량 흡수되는 것으로 가정하였다.

위의 노출알고리즘에 따른 노출량을 산출하기 위하여, 물품별 접촉률과 전이율을 실측하거나 기존 연구에서 보고된 측정값을 활용하여 결정하였다(Table 1). 접촉률의 경우, 2010년 실시된 Size Korea 조사(Korean Agency for Technology and Standards, 2010)의 한국인 인체 수치 조사 내용 중, 19-24세 성인의 각 신체 부위별 평균값을 사용하였다. 입술의 크기는 얼굴성형에 관한 연구에서 실측한 흉순 면적 평균값을 사용하였다(Lee et al., 2007). 물품표면에서 손으로, 또 손에서 입으로 세균이 전달되는 정도는 Tanner (2009)이 대장균에 대하여 실측한 평균값을 사용하였다. 컵 표면에서 입술로 전달되는 전이율은 손 접촉면과 입술이 모두 피부의 일종이라는 점을 들어, 물품 표면에서 손으로 전달되는 전이율을 적용하였다. 물컵에 물이 닿는 면적( $A_w$ )과 사용되는 물의 부피들은 5명의 학생들이 해당 물컵으로 물은 담아 음용하는 행동을 할 때 실측하고, 그 평균값들을 사용하였다. 컵의 표면에서 세균이 탈리되는 정도( $T_w$ )는 3개의 컵에서 담수가 되는 내측표면의 절반 영역에서 면봉으로 채취한 종속영양세균수(heterotrophic plate count)와 그 후 담수한 멸균수로 탈리되어 관찰되는 종속영양세균수의 비율의 평균값으로 결정하였다.

물품 1회 접촉시 노출량을 각 학생 개인별 1일 노출량으로 환산하기 위하여, 100명의 학생들을 대상으로 각 건물 및 시설의 1일 이용빈도와 1회 시설이용시 총대장균군이 검출된 물품을 접촉하는 빈도를 조사하였다. 출입하는 건물명과 각 건물에서 접촉하는 물품 및 빈도를 상상법으로 기록하게 하였다. 학생 개인별 1일 노출량은 노출량은 1회 접촉시 노출량을 위의 두 가지 빈도 모두에 곱하여 산정하였다.

**결과**

**총대장균군의 분포 및 군집 구조**

경성대학교 이과대학의 약 1,500명의 학생들 중 100명의 표본집단이 공통적으로 사용하는 강의 시설, 도서관 시설, 전산 시설, 급식소의 인체접촉면 중 총대장균군이 검출된 물품은 두 강의 시설 건물의 승강기버튼과 급식소의 물컵과 식탁에 국한되었다. 승강기버튼에서 13개, 식탁과 물컵에서 각각 1개와 8개의 총대장균군 세균이 추정시험과 확정시험을 통하여 분리되었는데, 16S rRNA 유전자 염기서열 정보에 따라 동정한 결과, *Enterobacteriaceae* 과의 주요 종들의 표준균주에서 얻어진 염기서열과 유사성으로 동정되었다. 승강기버튼에는 4개의 *Enterobacter amnigenus* 균주와 3개의 *E. ludwigii*가 우점적으로 분포하였고, *E. cloacae*, *E. hormaechei*, *Hafnia alvei-paraalvei* species complex, *Klebsiella variicola*가 1-2개의 소수로 분포하였다. 물컵에서 분리된 총대장균군 균주들은 7개의 *Leclercia adecarboxylata* 균주와 1개의 *E. amnigenus*로 구성되었고, 식탁에서 분리된 1개의 균주는 잘 알려진 기회성 병원균인 *Klebsiella pneumoniae*로 동정되었다. 따라서, 승강기버튼과 급식소 물품에 분포하는 총대장균군 군집들은 *E. amnigenus*만을 공통종으로 하는 매우 상이한 군집을 구성하는 것으로 나타났다. 급식소 물품은 주로 *L. adecarboxylata*와 같은 환경유래 총대장균군 세균과 낮은 빈도로 *K. pneumoniae*와 같은 기회성 병원성이 상대적으로 높은 세

**Table 2.** Exposure rates (CFU) during an incidence of use of items and daily use of facilities by 100 students

Item	per contact	per use <sup>b</sup>	per day <sup>b</sup>	95% CI of mean daily exposure <sup>a</sup>
Elevator#2	0.0474	0.120 (0-0.426)	0.514 (0-2.368)	0.432-0.618
Elevator#26	0.0007	0.001 (0-0.004)	0.003 (0-0.035)	0.002-0.004
Dining Table	0.0531	0.052 (0-1.061)	0.061 (0-1.061)	0.036-0.105
Water cup	2.3006	0.704 (0-6.902)	0.927 (0-9.203)	0.587-1.420

<sup>a</sup> confidence interval (CI) was estimated by 99,999 times of non-parametric bootstrap resampling of 100 students and BCa algorithm.

<sup>b</sup> mean (range)

**Table 3.** Distribution statistics of exposure levels (CFU/day) and confidence interval of the mean

Places of exposure	Minimum	First quartile	Median	Third quartile	Maximum	Mean	95% CI of mean
Elevators	0	0.19	0.43	0.71	2.37	0.52	0.43-0.62
Cafeteria	0	0	0	0.96	9.95	0.99	0.64-1.51

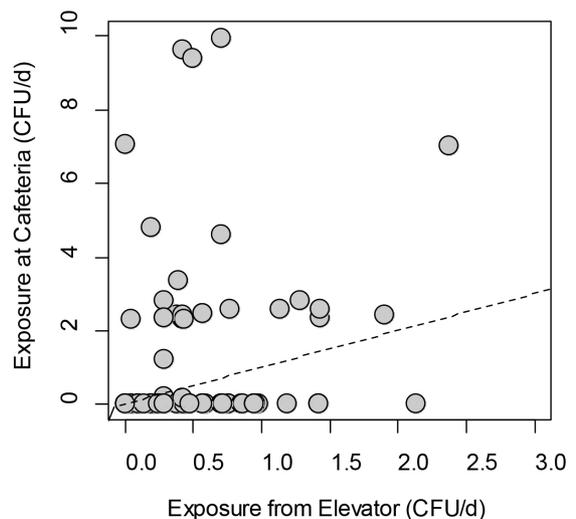
균을 학교 구내로 도입하는 원천으로 볼 수 있었다. 하지만 학습 시설의 인체접촉면에서는 *Enterobacter* spp. 위주의 총대장균군이 주로 분포하였다. 급식소 물품과 구내 다른 인체접촉면 간에 총대장균군의 분포가 상이하여, 두 가지 물품간 교차오염은 미미한 것으로 나타났다. 따라서, 급식소와 여타 구내환경은 매우 다른 미생물의 원천과 전파 경로를 보이는 것으로 나타났다.

**노출량의 산정**

총대장균군의 밀도는 승강기버튼에서 가장 높았지만(Table 1), 접촉률과 입으로 전달되는 전이율을 고려하여 해당 물품의 1회 이용에서 발생하는 노출량을 수식 1-4에 의하여 계산하면, 물컵의 1회 접촉시 노출량이 승강기 이용시 노출량보다 약 49배로 가장 높았다(Table 2). 물컵에 의한 노출은 3개의 노출알고리즘의 합으로 계산되는데, 컵의 손 접촉을 통한 노출은 0.09 CFU, 입술 접촉을 통한 노출은 0.03 CFU, 담고 마신 물을 통하여 2.18 CFU로, 거의 대부분의 노출은 컵의 내측표면에 있는 총대장균이 물속으로 들어가고, 그 물을 마심으로 인해 발생하였다. 개개 학생들이 시설 및 물품 이용시 행동양식을 달리하므로, 100명의 학생을 대상으로 개인별로 물품 1회 이용시 접촉횟수를 조사하였다. 승강기 e#2의 경우 학생들이 1회 이용시 평균 2.5회, 범위 0-9회의 접촉빈도를 보였고, 승강기 e#26의 경우 평균 1.5회, 범위 0-6회 접촉하였다. 식탁의 1회 이용시 접촉횟수는 0-100회의 범위로 개인별로 큰 차이가 있었고, 평균 3회의 접촉빈도를 보였다. 물컵을 이용하여 물을 음용하는 횟수는 0-3회의 범위에서 평균 0.5회이었다. 개인별 접촉빈도를 곱하여, 물품 1회 이용시 노출량을 산정하였을 때, 승강기 이용에 의한 노출량과 급식소 이용에 의한 노출량의 차이가 감소하였다. 이는 급식소 물품들 보다 승강기 이용 빈도가 대체로 높았기 때문이며, 승강기에서 노출량이 급식소에서 노출량의 15% 수준까지 미치었다(Table 2). 1일 노출량을 산정하기 위하여, 100명의 조사대상 학생들이 1일 동안 #2와 #26 건물과 #23 건물의 급식소를 이용하는 빈도를 또한 조사하여, 상기 1회 이용시 노출량에 곱하였다. 그 결과에 따르면, 건물#2의 이용빈도가 높아서 급식소 물컵을 이용한 음용에 의한 노출량의 55%에 이르렀다(Table 2).

본 연구는 위생관리가 거의 없는 강의실 기타 시설을 이용할 때 발생하는 미생물학적 위해성을, 위생관리가 엄격한 급식소에

서 발생하는 위해성과 비교정량함을 목적으로 하였으므로, 승강기버튼에 의한 총대장균군 노출량의 합과 급식소의 두 물품(식탁과 물컵)을 통한 노출량의 합을 비교하였다(Table 3). 급식소 물품에서 노출량은 약 1.0 CFU/day이었으며, 승강기의 노출량은 약 0.5 CFU/day로 급식소에서 노출량의 절반에 해당하였다. 이들 평균값의 95% CI는 서로 중복되지 않아, 급식소 이외의 시설에서 발생하는 총대장균군에 대한 노출은 급식소에서 노출량에 비하여 통계적으로 유의미하게 낮게 나타났다. 그러나, 학생 개인별 노출량을 비교하면, 급식시설과 비급식 시설에서 노출량이 개인별로 상당히 다른 것으로 나타났다. 다수의 학생들은 총대장균군이 검출된 급식소에서 물컵과 식탁을 접촉하지 않았으나, 승강기의 총대장균군에는 노출되었다(Table 3). 조사된 백명 중 73명의 학생들은 급식소에서 식사를 하지 않았으며, 94명의 학생들은 승강기를 이용하였고, 결과적으로 69%의 학생들에서 승강기 이용에 따른 위해도가 급식소 이용에 따른 위해도 보다 더 높게 나타났다(Fig. 1). 급식소 이용과 승강기 이용은 상관관계가 없었으며, 두 경로를 통한 개인별 노출량에도 상관도가 없



**Fig. 1.** Distribution of exposure rates to total coliforms from use of cafeteria and elevator among one hundred students.

었다( $P=0.67$ , Pearson 상관계수 측정법). 결과적으로, 대부분의 학생들이 승강기를 이용하였고, 이 과정에서 2.5 CFU/day 이하의 총대장균군에 노출되지만, 27%의 소수 학생들이 학생급식소의 물품들과 접촉을 통해 약 10 CFU/day의 상대적으로 높은 양의 총대장균군에 노출되었다.

## 고 찰

### 총대장균군에 의한 감염의 위해도와 대리모델로서의 적합성

본 연구는 현재 대학교정에서 주된 관리대상으로 간주되지 않는 다중이용 시설과 집기를 대학생들이 이용하는 동안 받게 되는 미생물학적 위해도가 주된 위생관리대상인 집단급식소의 집기를 접촉하여 받게 되는 위해도에 견줄만한지를 상대적으로 정량하여 파악하는 것을 목적으로 하였다. 총대장균군은 급식소의 위생상태의 지표로 주로 관리되는 지표이며, 급식소에서 받게 되는 병원성세균에 대한 노출량의 지표로 적절하다고 볼 수 있다. 그러나, 급식소 이외의 장소는 수분활성도가 낮은, 상대적으로 건조한 표면으로, 총대장균군 종의 성장과 생존에 적합한 환경은 아니므로, 총대장균군에 대한 노출량의 평가는 *Staphylococcus aureus* 등 수분활성도가 낮은 표면에서 생존력이 높은 병원체에 대한 노출을 간과하여, 병원체에 대한 노출을 과소평가하게 된다. 따라서, 본 연구에서 급식소 이외 장소의 물품에서 측정된 총대장균군에 대한 노출량은 해당 물품들에서 발생하는 병원성 세균에 대한 노출량의 극히 일부만을 측정하는 것으로 볼 수 있으며, 급식소 이외 장소에서 총대장균군에 대한 노출량이 급식소에서 노출량에 견줄만 하다는 측정결과는 급식소 이외 장소의 물품들의 전체 미생물학적 위해성이 급식소에서 위해성에 비하여 유사하거나 더 높다는 해석을 가능하게 한다.

선행 연구의 결과, 경성대학교 일부 시설에서 총대장균군 세균이 검출되었다(Table 1). 이들 세균을 분리 및 분석한 결과, 학생급식소의 식탁표면에서 대표적 기회성 폐렴병원균인 *K. pneumoniae*가 존재하였다(Stevens *et al.*, 2003). 학생급식소 물컵의 표면에는 *L. adedecarboxylata*가 주된 총대장균군 세균이었는데, 음식이나 물 등의 환경에서 분리되며, 임상검체에서 분리되는 경우는 드물다. 임상검체에서 나타나는 경우, 주로 복합감염의 형태로 나타나며, 국내에서 매우 드물게 단독 감염원으로 질병을 일으키는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2009). 따라서, 급식소의 총대장균군은 환경과 인체 모두에서 유래하는 기회성 병원균으로 사료되었다. 승강기의 *Enterobacter* 종들이 우점하고, *Hafnia alvei-paraalvei* species complex, *K. variicola*가 소수 분포하였는데, 임상적 시료에서 드물게 발견되고 주로 토양과 식물체 등에서 발견되는 총대장균군이다(Stevens *et al.*, 2003). 특히, *K. variicola*는 식물체에 서식하는 특화된 생태를 보이지만, *K. pneumoniae*와 계통적 친연성이 가장 높은 종이므로, 환경 서식종이면서 동시에 임상적 현상과 연관될 수 있는 기회성 병원성을 띤 것으로 사료된다(Rosenblueth *et al.*, 2004). 따라서, 급식소와 기타 교정구내 환경의 총대장균군 모두 자연환경에서 발견되는 기회적 병원성을 지닌 종들로 구성되어, 환경에서 지속 생존성이 높으면서 인체 병원성 세균과 높은 친연성

이 있는 세균종들이었다. 따라서, 본 연구에서 사용된 총대장균군의 밀도는 병원성 세균과 유사하면서 높은 환경 지속성을 보이므로, 조사대상 환경에서 다른 병원체가 존재할 때 전파양상을 보여 줄 수 있는, 대리모델로 유효한 것으로 판단된다.

### 집단 급식소의 위해성과 학습시설의 위해성 비교

학교 구내 집단급식소는 미생물학적 안전성 확보를 위해 철저한 위생관리의 대상이다. 반면에, 대학 구내 기타 시설들의 위생상태는 주기적 조사와 관리의 대상으로 간주되기 보다는 개인의 위생관리에 의해 그 미생물학적 안전성을 확보하는 것이 일반적이다. 본 연구는 강의실, 도서관 등의 대학생들의 일상활동이 발생하는 공간에 비치된 인체 접촉면의 미생물학적 위해성을 파악하는 것을 목적으로 하면서, 그 방법으로 비교적로 철저한 위생관리가 이루어지는 집단급식소의 위해성과 정량비교 하였다. 제반 병원체에 대한 위해성의 상대적 평가를 위해, 미생물학적 위해성이 검출된 인체 접촉면을 중심으로 개개 학생들의 급식소와 기타 시설에서 미생물 노출량을 조사하였다. 그 결과 학생들은 급식소 이외의 활동공간으로 강의실과 도서관을 공통적으로 이용하였고, 급식소의 물품 표면을 통해서 약 1.0 CFU/day의 값으로 총대장균군에 노출되면서, 급식소 이외의 시설에서 그 절반 정도의 노출량을 보였다. 두 평균 노출량은 통계적으로 유의미하게 달랐다(Table 3). 따라서, 급식소 이외 학생들이 이용하는 시설의 미생물학적 위해성은 급식소보다는 낮게 나타났다. 그러나 두 종류 시설에서 측정된 노출량이 평균 2배 정도의 차이만을 나타내고, 평균값의 신뢰구간이 매우 근접한다는 점, 그리고 개인별 위해성을 고려하면 학습시설의 이용시 발생하는 노출량이 절반 이상의 학생에서 급식소에서 노출량보다 더 높게 나타난다는 점들을 고려하면, 학습시설의 위생상태는 분명히 급식소와 비교하여 현저히 낮다고 볼 수 없으며, 급식소와 유사한 수준의 관리대상이 되어야 할 것으로 사료된다.

개인별 노출경로의 양태의 차이를 고려하면, 약 70% 정도의 학생들에게 급식소보다 학습시설의 미생물학적 위해성이 더 높은 것을 볼 수 있다. 94%에 이르는 대다수의 이과대학 학생들이 오염원이 유지되는 승강기를 이용하기 때문에, 학생들은 낮은 농도의 병원체에 광범위하게 노출되고 있는 것으로 볼 수 있다. 그 중 약 27%의 학생들만이 학생급식소를 이용하는데, 이들은 고농도의 오염원에 노출되지만 그 숫자는 적다. 급식소는 학교 교정에서 이미 위생상태 관리의 주요 대상으로 관리되고 있으므로, 감염 병원체의 존재를 검출하거나 노출량 감소를 기할 수 있는 방법들이 부분적으로 작동하고 있다고 볼 수 있지만, 대다수의 학생들이 사용하는 학습시설의 경우, 적은 노출량 일지라도 많은 수의 학생들에게 광범위하게 병원체가 전파되는 감염경로로 작용할 수 있으므로, 약 70%에 이르는 학생들에게는 급식소보다 높은 누적 노출량과 위해도를 제공할 것으로 예상할 수 있다. 따라서, 낮은 역치를 보이는 감염성 병원체가 학습시설 인체 접촉면에 유입될 경우, 대부분의 학생들에게 위해요소를 전파하는 교차감염이 발생할 수 있으므로, 대학 구내 학습시설의 위생상태의 관리가 간과되지 않아야 한다.

### 노출량의 변동성을 고려한 위해도 분석

본 연구에서 측정된 노출량은 2011년 8월에 측정된 총대장균의 인체접촉면의 밀도에 기초하여 산정되었다. 일반적으로 병원체의 표면 밀도는 계절적 변동성을 보이고, 부산지역 대학 구내 승강기버튼의 총대장균군이 여름철 이외에는 검출되지 않는 계절성이 확인되었으므로(Lee and Zo, 2011), 학생들이 학습시설을 이용하는 동안 병원체 세균에 대하여 노출되는 정도 또한 높은 계절적 변동성을 보일 것으로 예상할 수 있다. 급식소의 경우는 습도가 높고 주방시설 등이 열원으로 지속적으로 작용하므로, 세균들은 학습시설에 비하여 보다 안정적으로 생존할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 학습시설 인체접촉면의 미생물학적 위해성이 급식소의 위해성과 유사한 수준에 미치는 경우는 병원체의 생존이 가능한 계절로 국한될 것으로 생각할 수 있다. 이러한 관찰에 기초하면, 학습시설의 위해성 관리는 병원체 종류별로 주요 생존 계절을 설정하고, 생존력이 좋은 계절에만 집중적으로 관리한다면 효율성을 기할 수 있을 것이다. 학습시설의 제반 인체접촉면 중, 승강기버튼의 총대장균군 밀도가 높았던 것은 승강기의 내부가 냉난방 설비를 갖춘 좁은 공간이며 다른 시설과 달리 환경 변동성이 적었기 때문으로 해석할 수 있다. 주요 시설의 운용 환경과 계절적 환경 변화를 동시에 고려한다면, 특정시설에 대한 특정 시점에서의 위생관리를 통해 대학구내 위생상태의 전반적 향상을 기할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과에 기초한다면, 경성대학교 이과대학 학습시설의 경우 여름철 승강기 버튼에 대한 주기적 소독을 실시하는 것이, 총대장균군에 대한 학생들의 노출량을 검출 가능 노출량 이하로 낮게 유지할 수 있는 효율적 관리방법이 될 수 있다.

### 결론

감염성 병원체의 대학구내 분포와 대학생들의 생활 양태를 분석하여 병원체에 대한 노출량과 노출경로를 정량·비교함으로써, 구내 시설 인체접촉면의 상대적 위해성을 해석한 본 연구의 결과, 승강기 이용에 따른 환경성 병원체에 대한 교차오염 노출 경로가 확인되었고, 그 평균 노출량은 학생 집단 급식소에 비치된 물품과의 접촉에 의한 평균 노출량의 절반에 해당하였다. 그러나 73%의 학생들은 해당 급식소를 이용하지 않아, 약 70%의 학생들은 급식시설보다 학습시설의 인체접촉면에서 교차감염에 더 많이 노출되는 것으로 나타났다. 결론적으로, 승강기를 비롯한 일부 학습 및 학습지원 시설의 인체접촉면은 급식소와 마찬가지로 주기적 위생관리를 필요로 하는 것으로 판단되며, 개인 위생 관리 이외에, 계절적으로 변동하는 교차감염 가능 병원체의 종류에 부합하도록 인체접촉면 위생관리를 실시하는 것이 권고된다. 또한, 본 연구에서 급식소 이외의 장소에서 총대장균군에 대한 노출량을 이용하여 측정된 미생물학적 위해성은 *S. aureus* 등 건조표면 생존도가 높은 병원체에 대한 노출량을 반영하지 못하였으므로 그 전체 미생물학적 위해도의 절대량을 측정하지 못한바, 건조표면 생존도가 높은 병원체를 대상으로 전체 위해도의 면밀한 조사를 통하여, 대학교정에서 필요한 물품 위생관리의 지표와 관리 기준을 연구할 필요가 있음이 본 연구

의 결과로 제시된다.

### 적요

대학 구내 학습시설과 집기들은 다중에 의해 이용되기 때문에 그 표면들은 감염성 병원체의 교차감염의 경로로 작용할 수 있다. 그러나 구내 집단급식소 등의 주요 위생관리 시설과 달리 정기적 위생관리의 대상이 아니며, 위생상태 현황이 잘 파악되지 않고 있다. 본 연구는 한 대학 단과대학 1,500여 명의 학생들이 강의실, 도서관 등 학습시설을 이용하면서 병원체에 노출될 수 있는 미생물학적 위해도를 구내급식소에서 집기 접촉을 통해 위해도와 정량적으로 비교하였다. 총대장균군을 병원체의 미생물의 대리모델로 간주하고, 학생들이 공통적으로 이용하는 대학구내 집기별로, 표면의 세균농도에 접촉률, 전이율 등을 적용한 노출알고리즘을 설정하여 결론론적 방법에 의한 노출량을 산정하였다. 급식소 집기의 세균에 대한 노출량은 약 1.0 CFU/day이었으며, 학습시설의 세균에 대한 노출량은 0.5 CFU/day로 급식소에서 노출량의 절반에 해당하였다. 그러나, 개인별 급식소 이용 정도가 달라, 약 70%의 학생들은 급식시설보다 학습시설의 인체접촉면에서 교차감염에 더 많이 노출되는 것으로 나타났다. 결론적으로, 승강기버튼을 비롯한 일부 학습 시설의 인체접촉면은 급식소와 마찬가지로 주기적 위생관리를 필요로 하는 것으로 판단되며, 학생들의 개인위생 관리 이외에, 계절적으로 변동하는 교차감염 가능 병원체의 종류에 부합하도록 인체접촉면 위생관리를 효율적으로 실시하는 것이 권고된다.

### 감사의 말

이 논문은 2013학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

- Cole, J.R., Chai, B., and Farris, R.J. 2005. The Ribosomal Database Project (RDP-II): sequences and tools for high-throughput rRNA analysis. *Nucleic Acids Res.* **33**, 294-296.
- Ha, S.D. 2008. Management policy and safety problem of school food services *Safe Food* **3**, 13-21.
- Holmes, E.C., Ghedin, E., Halpin, R.A., Stockwell, T.B., Zhang, X.Q., Fleming, R., Davey, R., Benson, C.A., Mehta, S., Taplitz, R., and *et al.* 2011. Extensive geographical mixing of 2009 human H1N1 influenza A virus in a single University community. *J. Virol.* **85**, 6923-6929.
- Kim, H.N. 2012. Sanitation evaluation of university restrooms and their users. Master Thesis, Department of Environmental and Life Sciences. Gyeongsang National University, Jinju.
- Kim, J.H., Kim, Y.S., and Han, J.S. 2004. Seasonal changes of microbiological counts and sanitation state on the surface of foodservice facilities and utilities. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 1653-1660.
- Kim, K., Nam, M., Nam, B.R., Ryu, H.J., Heo, R., Shim, W.B., and Chung, D.H. 2010. Microbiological safety assessment to secure

- safety of food service in university. *J. Fd Hyg. Safety* **25**, 49-58.
- Kim, J.B., Park, Y.B., Kim, K.C., Kim, D.H., Kang, S.H., Lim, Y.S., Park, P.H., Yoon, M.H., and Lee, J.B.** 2011. Evaluation and reduction of microbiological hazard of spoon and spoon case carried by nursery school children. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 116-122.
- Kishino, H. and Hasegawa, M.** 1989. Evaluation of the maximum likelihood estimate of the evolutionary tree topologies from DNA sequence data, and the branching order in Hominoidea. *J. Mol. Evol.* **29**, 170-179.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention.** 2011. 2010 Epidemiological Investigation on Infectious Diseases in Korea : Annual Report Korea Centers for Disease Control and Prevention, Osong.
- Korean Agency for Technology and Standards.** 2010. Report of the 6th Anthropometry of Size Korea. Ministry of Knowledge Economy Korean Agency for Technology and Standards, Gwacheon, p. 656.
- Larkin, M.A., Blackshields, G., Brown, N.P., Chenna, R., McGettigan, P.A., McWilliam, H., Valentin, F., Wallace, I.M., Wilm, A., Lopez, R., and et al.** 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics* **23**, 2947-2948.
- Lee, E.H.** 2011. Microbiological safety assessment of food service in university. Master Thesis, Department of Environmental and Life Sciences. Gyeongsang National University, Jinju.
- Lee, B.S., Kang, Y.G., Yoon, T.H., and Kook, Y.A.** 2007. The frontal characteristics of esthetic lips and lips after anterior segmental osteotomy in Korean females. *Kor. J. Orthod.* **37**, 331.
- Lee, J., Kim, J.N., and Zo, Y.G.** 2012. Abundance of total coliform bacteria on surfaces of implements in community cafeterias on a college campus. *Bulletin Basic Sci. Res. Center* **23**, 29-36.
- Lee, W., Yi, D.Y., Jung, B., Huh, J.Y., Kang, M.S., Hong, S.G., and Hong, S.K.** 2009. Two cases of independent infection by *Leclercia adecarboxylata*. *Infect. Chemother.* **41**, 109-112.
- Lee, J. and Zo, Y.-G.** 2011. Distribution of coliform bacteria on hand-handled surfaces of facilities and equipments in college campuses. *J. Environ. Sci. Technol. Res. Center* **18**, 53-60.
- Palin, K. and Greer, M.L.** 2013. The effect of mixing events on the dynamics of pH1N1 outbreaks at small residential colleges. *J. Am. Coll. Health* **60**, 485-489.
- Park, H.J. and Bae, H.J.** 2006. Evaluation of microbiological hazards of hygiene by the customers' hands in university foodservice operation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 940-944.
- Rosenblueth, M., Martínez, L., Silva, J., and Martínez-Romero, E.** 2004. *Klebsiella variicola*, a novel species with clinical and plant-associated isolates. *Syst. Appl. Microbiol.* **27**, 27-35.
- Stevens, M., Ashbolt, N., and Cunliffe, D.** 2003. Review of coliforms as microbial indicators of drinking water quality. National Health and Medical Research Council, Canberra, Australia.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M., and Kumar, S.** 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.* **28**, 2731-2739.
- Tanner, B.D.** 2009. Reduction in infection risk through treatment of microbially contaminated surfaces with a novel, portable, saturated steam vapor disinfection system. *Am. J. Infect. Control.* **37**, 20-27.