

2019년 충남지역 고등학교에서 발생한 다병원체에 의한 집단식중독의 역학적 분석

이현아* · 최지혜 · 박성민 · 남해성* · 최진하 · 박준혁†
충청남도보건환경연구원, *충남대학교 의과대학 예방의학교실

Epidemiological Analysis of a Food Poisoning Outbreak Caused by Multiple Pathogens in a High School in Chungnam Korea, 2019

Hyunah Lee*, Jihye Choi, Seongmin Park, Hae-Sung Nam*, Jinha Choi, and Junhyuk Park†

Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research,
*Department of Preventive Medicine and Public Health, Chungnam National University

ABSTRACT

Objectives: This study was performed in order to report the epidemiological features of a food poisoning outbreak caused by multiple pathogens in a high school in Chungcheongnam-do Province, Korea in April 2019 and to suggest measures to prevent a similar incidence.

Methods: A total of 39 patients with diarrhea were examined. Environmental samples were obtained from 6 food handlers, 4 food utensils, 72 preserved foods served during the food poisoning outbreak, 9 door handles, 10 drinking water samples from water dispensers, and 6 ground water samples from water taps. These analyzed to detect viruses and bacteria.

Results: Among the 39 patients, 21 cases (53.8%) of enteroaggregative *E. coli* (EAEC), 7 cases of *Staphylococcus aureus* (17.9%), and 17 cases of norovirus (43.6%) were positive, and in 16 of the cases a co-infection with at least one other pathogen were observed. EAEC was assumed to be transmitted from contaminated drinking water because it was also detected in the water sample from a water dispenser in the dormitory. *Staphylococcus aureus* was isolated only in the fecal samples of patients, meaning it was not possible to trace its origin. The genotype of norovirus detected in the drinking water and ground water was consistent with that isolated from patients, and it was determined that the norovirus infection originated from the school's water environment.

Conclusions: These findings indicate that a lack of environmental hygiene management related to school meals caused the food poisoning incident. In particular, a lack of management of drinking water, water supply, and personal hygiene should be pointed out. This should be urgently addressed and continuous monitoring should be carried out in the future. In addition, students and staff should be educated and trained to improve their personal hygiene.

Key words: EAEC, food-borne disease, norovirus, *Staphylococcus aureus*

†Corresponding author: Chungcheongnam-do Institute of Health and Environment Research, Hongseong, Korea, Tel: +82-41-635-6832, Fax: +82-41-635-7942, E-mail: junhyuk@korea.kr
Received: 25 June 2019, Revised: 20 August 2019, Accepted: 21 August 2019

I. 서 론

식중독이란 식품이나 물의 섭취에 의한 것으로 감염성 또는 독소형 질환으로 규정된다.¹⁾ 식중독의 원인은 약 250종 이상 알려져 있으며 이 중 대부분이 세균, 바이러스, 기생충 등이 원인이며 일부 버섯 독 등의 독소나 화학물질들이 그 원인이 된다.²⁾ 현재 국내 식중독 발생은 점점 증가하는 추세로 식생활의 변화와 집단식사 기회의 증가, 지역 간 교류 증가, 기후변화 등이 원인이며, 발생양상이나 원인이 다양해지고 규모도 커지고 있는 실정이다.³⁾ 이 중 집단 급식에서 발생하는 식중독은 건당 발생 환자수가 많아 이에 대한 사회적 관심이 높다. 지난 2012년 한국보건사회연구원의 발표 자료에 따르면 단체급식 이용자 수는 전 국민의 25%가 넘는 1,380만명으로 추정되며,⁴⁾ 최근 5년간 학교 등 집단급식에서 발생한 식중독 환자수는 연간 2,579~4,515명 이었다.⁵⁾ 2017년 기준 학교 등 집단급식의 건당 평균 식중독 환자수는 51.6명, 전체 환자수는 2,579명 이었는데, 이 중 학교급식에서 전체 식중독 환자의 83%가 발생하여 학교급식의 안전관리가 요구 된다.⁶⁾ 또한 학교급식은 2016년 기준 전체 학생의 99.9%인 592만 2천명이 이용하고 있어 청소년기 영양 공급에 학교급식이 주요한 역할을 담당하고 있다.⁵⁾ 2017년 원인 물질별 식중독 통계에 의하면 학교급식소에서 발생한 식중독으로는 병원성 대장균이 14건(환자수 1,533명)으로 가장 높게 나타났으며, 그 뒤로 노로바이러스(norovirus)가 6건(환자수 401명), 살모넬라속(*Salmonella* spp.)이 1건(환자수 77명), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*)가 1건(환자수 21명)으로 나타났다.⁵⁾ 집단 식중독 발생은 급식 시설의 노후화, 환경의 열악함, 오염된 식재료와 조리기구사용, 식품의 보관, 조리단계에서의 온도관리 미흡, 조리 종사자의 개인위생 불량, 교차오염, 위생 관리체계미비 등이 원인이다.⁷⁾ 집단급식의 식중독 발생을 줄이기 위해서는 위와 같은 요인들을 철저하게 관리해야 한다. 이와 더불어 식중독으로 인한 집단 환자가 발생하였을 때, 자세한 역학조사에 기반하여 원인 및 전파 경로를 분석하고 그 결과를 공유함으로써 유사한 식중독이 재발하지 않도록 노력을 기울여야 할 것이다. 본 연구는 2019년 4월 중 충청남도 소재 한 고등학교에서 발생한 집단 식중독에 대

하여 역학분석을 실시하고 이를 보고함으로써 이와 유사한 집단 식중독의 효율적인 예방자료로 사용되 고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상검체 및 전처리

2019년 4월 충청남도 소재 A고등학교에서 발생한 집단 식중독의 원인을 규명하기 위하여 설사 등 장염증상을 나타내는 학생 38명과 교사 1명, 조리종사자 6명, 조리기구 4건, 보존식(발생 4일전부터 발생일까지) 72건, 생활환경 9건(문고리 등), 세균검사용 음용수 10건, 바이러스 검출용 채수 필터 6건에 대하여 식중독 세균 및 바이러스에 대한 검사를 실시하였다. 전처리와 검사법은 식품공전 미생물시험법에 준하여 실시하였는데,⁸⁾ 검체의 특성에 따라 인체 검체와 생활환경 검체는 세균 및 바이러스검사, 보존식과 음용수는 세균검사 그리고 채수필터는 바이러스 검사만 실시하였다.

인체검체 채취는 직장에서 면봉으로 2개 이상 채취하여 멸균된 0.1 M PBS (phosphate buffered saline, Sigma, USA) 3 mL에 넣어 잘 섞고, 3,000 RPM에서 10분간 원심분리 한 후 상층액을 사용하였다. 환경검체 중 조리기구와 문고리 등의 생활환경 검체는 멸균된 면봉을 이용하여 20 cm² 이상 도 말하여 2개 이상 채취하였고, 보존식은 최대량을 취하여 멸균백에 넣어 식염수로 10배 희석하고 진탕하여 세균배양에 이용하였다. 음용수는 멸균된 여과 장치에 0.45 μm Membrane filter (Whatman Ltd, USA)를 이용하여 1 L를 여과하고, 여과지를 세균 배양에 이용하였다.

바이러스 검출용 검체는 지하수 관정 1곳, 기숙사 2층 급수대 1곳, 급식 조리실의 수도꼭지수 2곳, 학교 운동장 세면대 2곳에서 채수 필터 하였다. Liquid Filtration System (1MDS-2000, 3M, Korea)에 Nano Ceram 필터(VS2.5-5, Argonide corporation, USA)를 장착하고 약 1,500 L의 지하수를 통과시켜 바이러스를 흡착하였다.⁹⁾ 필터에 멸균된 1.5% beef extract 원층액을 통과시켜 바이러스를 탈리한 후, 탈리액은 pH 3.5±0.1을 유지한 상태로 실온에서 30분간 천천히 교반하였다. 침전물이 생기면 4°C에서 2,500×g로 15분 간 원심분리 한 후 상층액을 제거하고, 0.15

M sodium phosphate 완충액 넣어 부유시킨 후 실온에서 10분간 방치하였다. 부유용액은 4°C에서 7,000 ×g로 10분간 다시 원심분리 하고 pH를 7.0±0.2로 조절하였다. 세균 오염을 방지하기 위하여 50 mL 주사기(0.22 µm 멸균필터 부착)를 이용하여 상층액을 여과, 최종 농축 검체 20 mL를 핵산 추출을 위한 검체로 사용하였고, 시험에 사용될 때까지 -70°C에서 보관하였다.

2. 식중독 세균 시험 및 동정

식중독 세균 시험 및 동정은 수인성 및 식품매개 감염병관리지침¹⁰⁾과 식중독 원인조사지침¹¹⁾에 따른 식중독 원인 병원체 검사항목에 대하여 인체검체의 경우 감염병실질진단시험법¹²⁾에 의해 실시하였고, 환경 검체의 경우, IV. 식중독 세균 시험법에 따라 수행하였다. 식중독 세균과 바이러스에 대한 항목은 Table 1에서 보여준다. 전 처리 된 검체를 Tryptic Soy Broth (Oxoid, England) 넣고 35°C에서 24시간 증균 배양 후, DNA를 추출하였다. 배양액 1 mL를 취하여 8,000 RPM에서 1분간 원심분리하고, 상층액을 제거하고 PBS (Sigma, USA) 1 mL 넣은 후 잘 혼합하였다. 이 과정을 3회 반복 후 500 µL의 멸균 증류수를 추가하여 100°C에서 15분간 가열하였다. 그 후 8,000 RPM에서 30초간 원심분리하고, 상층액을 DNA 주형으로 사용하여 각각의 세균에 특이적인 유전자를 증폭하였다. 식중독 세균은 PowerCheck™ 20 Pathogen Multiplex Real-time PCR Kit (Kogene biotech, Korea)를 이용하였다. DNA 5 µL를 각각의 키트에 첨가하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에 장착하고 95°C에서 10분 간 초기반응 후, 95°C 15초와 55°C 30초를 40회 반복하여 각 세균에 대한 유전자를 실시간으로 증폭하였다. 증폭된 유전자가 지수 로그그래프로 표시되고, 제작사에서 제시한 검

출한계인 35 Ct (threshold cycle)이하 일 때 양성으로 판단하였다. 양성으로 판단된 세균은 IV. 식중독 세균 시험법¹¹⁾에 제시된 선택배지를 이용하여 단일 집락을 분리하고, 생화학적 시험을 통하여 동정하였다.

3. 식중독 바이러스 검사 및 노로바이러스 유전자형 동정

전처리 된 인체검체와 지하수검체는 V. 식중독 바이러스 시험법에 따라 수행하였다. QIAGEN RNA mini Kit (QIAGEN, Germany)와 핵산추출장비 (Nextractor, Genolution, Korea)를 이용하여 제조사의 사용방법에 따라 핵산을 추출하였다. 핵산은 PowerChek™ Norovirus GI/GII Multiplex Real-time PCR kit, PowerChek™ Adeno/Astro/Rotavirus Multiplex Real-time PCR Kit, PowerChek™ Sapovirus/Astrovirus Multiplex Real-time PCR Kit, PowerChek™ Hepatitis A Virus Real-time PCR Kit, PowerChek™ Hepatitis E Virus Real-time PCR Kit (Kogenebiotech, Korea)를 이용하여 진단하였다. 추출된 핵산 5 µL를 각 키트에 첨가 하였는데, 특히 지하수에서 추출된 것은 각 핵산 당 3개씩 중복 실시하였다. 반응조건은 50°C 30분 1회, 95°C 10분 1회, 95°C 15초, 55°C 1분 동안 45회 반복하여 ABI 7500 Fast real-time PCR (Thermo Fisher Scientific, USA)에서 반응을 수행하였다. 결과는 threshold 0.2일 때, Ct값이 36 이하인 것을 양성으로 판단하였다.

양성으로 판정된 노로바이러스는 유전자형 분석을 위하여 semi-nested RT PCR법을 이용하였는데, Access RT-PCR system (Promega, USA)에 노로바이러스 RNA와 노로바이러스 특이적인 프라이머를 포함하여 실험하였다. 노로바이러스 GI 프라이머는 GI-F1M (5'-CTGCCCGAATTYGTAATGATGAT-3')과 GI-R1M (5'-CCAACCCARCCATTRTACATY TG-3')을 사용하였다.¹³⁾ RNA 5 µL를 각 키트에 추

Table 1. Bacteria and virus pathogens causing foodborne disease tested in this study

	Pathogens
Bacteria	<i>Salmonella</i> spp., <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Vibrio vulnificus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Shigella</i> spp., <i>Bacillus cereus</i> , <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Campylobacter coli</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , pathogenic <i>Escherichia coli</i> [Enteropathogenic <i>E. coli</i> (EPEC), Enterohaemorrhagic <i>E. coli</i> (EHEC), Enterotoxigenic <i>E. coli</i> (ETEC), Enteroaggregative <i>E. coli</i> (EAEC), Enteroinvasive <i>E. coli</i> (EIEC)],
Viruses	Norovirus, Hepatitis A virus, Rotavirus, Astrovirus, Sapovirus, Enteric Adenovirus, Hepatitis E virus

가하고 47°C에서 40분간 cDNA를 합성하고, 94°C 30초, 54°C 30초, 72°C 45초 동안 35회 반복하여 PCR을 수행하였다. 그 후 1차 반응산물 2 µL를 취하여 PCR system (Promega, USA)을 이용하여 Semi-nested PCR을 수행하였다. 노로바이러스 GI 프라이머는 GI-F2 (5'-ATGATGGCGTCTAAGGACGC-3')과 GI-R1M을 사용하였다. 반응조건은 94°C 30초, 56°C 30초, 72°C 45초 동안 25회 반복하였다. PCR에 의해 증폭된 산물은 QIAxcel (QIAGEN, Germany)을 이용하여 전기영동 한 후 330 bp의 밴드를 확인하였다.

노로바이러스 유전자 염기서열은 Genotech (Korea)과 식품의약품안전평가원에 의뢰하여 분석하였고, 분석된 각 염기서열은 Editseq (DNASTAR, USA)에서 편집 후, National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)에서 유전자형을 결정하였다. 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대한 염기서열은 NCBI의 Genbank에 등록하였다. 이들은 각 유전자형의 국외 참조주들과 함께 계통분석을 실시하였다. Clustal-X (European Molecular Biology Laboratory, Germany)를 이용하여 다중정렬을 수행한 후, 정렬된 자료는 Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) (Tempe, USA) 프로그램을 이용하여 계통분석을 실시하였다.^{14,15)}

III. 결 과

2019년 4월 중 충청남도 소재 A 고등학교 구성원들에서 집단적으로 구토, 설사 증세를 보이는 환자들이 발생하였다. 전체 노출자는 194명이며, 이 중

Table 2. Exposed persons and patients with symptoms for food-borne disease at a high school in Chungcheongnam-do

No. of exposed persons	No. of patients (attack rate)	Onset time of symptoms in first patient
194	53 (27.3%)	2019. 4. 11. (22:00)

유증상자는 53명으로 27.3%에 해당되며, 최초 환자는 4월 11일 22시에 발생하였다(Table 2).

검사 의뢰된 환자는 39명이며, 이들에게서 식중독 세균 및 바이러스에 대한 검사를 실시한 결과 병원성 대장균 중 장관흡착성대장균 21명(53.8%), 황색포도상구균 7명(17.9%), 노로바이러스 17명(43.6%)에서 양성을 나타내었다(Table 3). 이 중 장관흡착성대장균과 황색포도상구균의 중복감염은 3명, 노로바이러스와 황색포도상구균의 중복감염은 4명, 노로바이러스와 장관흡착성대장균의 중복감염은 9명이었다. 이를 근거로 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 감염을 일으킨 것으로 판단되었다.

감염원의 유래를 분석하기 위하여 종사자 6명, 조리기구 4건, 발생 4일전부터 발생일 까지 보존식 72건, 문고리등 생활환경 9건, 세균검사용 음용수 10건, 바이러스 검출용 채수 필터 6건에 대하여 식중독 세균과 바이러스에 대한 검사를 실시하였다. 그 결과, 조리종사자 1명과 학교 내 기숙사 2층 냉온수기의 음용수에서 장관흡착성대장균이 검출되어 오염된 식수에 의해 장관흡착성대장균 감염이 일어난 것

Table 3. Detection and distribution of food-borne pathogens in patients and environment samples

Sample type	No. of samples	Detected foodborne pathogens			Remark
		EAEC*	<i>S. aureus</i> †	Norovirus	
Patients	39	21 (53.8%)	7 (17.9%)	17 (43.6%)	Norovirus/ <i>S. aureus</i> co-infection 4 EAEC/ <i>S. aureus</i> co-infection 3 Norovirus/EAEC co-infection 9
Food service employees	6	1	0	0	Dietitian 1
Implicated food and Swabs in environment	95	1	0	0	Water of Top-load Water Dispenser 1
Groundwater	6	-	-	5	

*EAEC: Enteroaggregative *Escherichia coli*

†*S. aureus*: *Staphylococcus aureus*

으로 추정되며, 양성으로 판정된 조리종사자(영양사)도 동일 원인에 의한 노출자로 보인다. 황색포도상구균의 경우, 종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 분석하기 어려웠다.

노로바이러스 검사 결과, 의뢰된 환자 39명 중 17명에서 검출되어 43.6%의 양성율을 보였다. 검출된 노로바이러스의 유전자형 분석결과 16명에서 GI.1형,

1명에서 GI.8형으로 판정되었다. 여러 수계 환경에서 채수되어 필터 된 검체에서 노로바이러스가 검출되었는데, 지하수에서 GI.1형, 2층 냉온수기 음용수에서 GI.8형, 급식조리실에서 GI.8형, 학교운동장에서 GI.1형과 GI.8형이 검출되었다(Table 4). 검출된 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대한 염기서열은 NCBI의 Genbank에 MN018263~MN018284으로 등

Table 4. Detection and distribution of norovirus genotypes in rectal swab samples of patients and water samples

Sample type	No. of norovirus positive samples	Genotype	
		GI.1	GI.8
Patients	Rectal swab	17	
Water	Groundwater	1	1
	Drinking water of dormitory	1	1
	Cooking water in the kitchen	1	1
	Tap water in schoolyard	2	1

Table 5. Norovirus strains isolated in this study

Isolate	Genotype	Sex	Age	Isolation source	Accession no.	Remark
GS2	GI.1	M	15	Rectal swab	MN018263	Patient
GS11	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018264	Patient
GS16	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018265	Patient
GS17	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018266	Patient
GS18	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018267	Patient
GS19	GI.1	M	16	Rectal swab	MN018268	Patient
GS20	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018269	Patient
GS21	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018270	Patient
GS23	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018271	Patient
GS26	GI.1	F	17	Rectal swab	MN018272	Patient
GS27	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018273	Patient
GS28	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018274	Patient
GS31	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018275	Patient
GS32	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018276	Patient
GS35	GI.1	M	24	Rectal swab	MN018277	Patient
GS36	GI.1	M	17	Rectal swab	MN018278	Patient
GS38	GI.8	M	17	Rectal swab	MN018284	Patient
Groundwater	GI.1			Filtration	MN018279	Groundwater
Cooking-water	GI.1			Filtration	MN018280	Cooking water
Schoolyard-water1	GI.1			Filtration	MN018281	Drinking water
2 nd floor drinking water	GI.8			Filtration	MN018282	Drinking water
Schoolyard-water2	GI.8			Filtration	MN018283	Drinking water

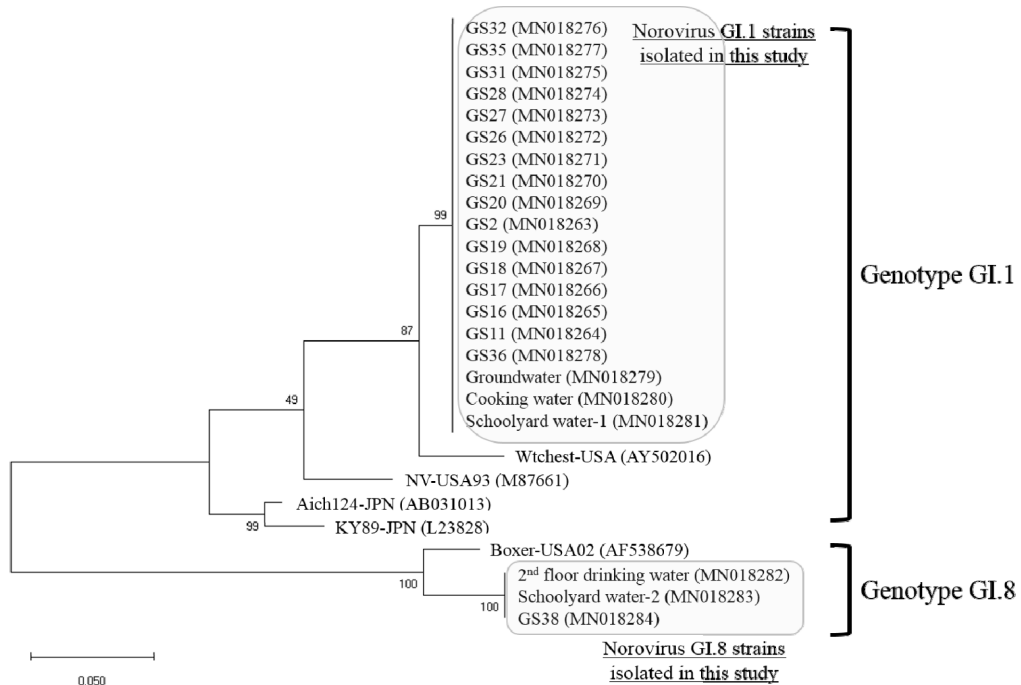


Fig. 1. Results of phylogenetic analysis of isolates in this study with reference strains for 256 bp of capsid gene of norovirus GI.1 and GI.8 isolates

록하였다(Table 5).

본 집단 식중독에서 검출된 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형에 대하여 다중정렬 후 계통분석을 실시하였다. 본 연구에서 환자 16명, 지하수 1건, 급식실 조리수 1건, 운동장 음용수 1건에서 분리된 GI.1형의 노로바이러스들은 이들 내의 캡시드 부분 유전자 염기서열 256 bp에서 100% 일치하였고, 환자 1명, 기숙사 2층 음용수 1건, 운동장 음용수 1건에서 분리된 GI.8형의 노로바이러스 역시 이들 내에서 유전자 염기서열이 동일하였다(Fig.1). GI.1형의 노로바이러스 그룹과 GI.8형의 노로바이러스 그룹 사이에는 74.6~77.3%의 상동성을 보였고, GI.1형 그룹 내에서 86.7~100%, GI.8형 그룹 내에서는 94.5~100%의 상동성을 나타내었다. 세부적으로 GI.1형의 그룹 내 참조주와의 상동성 분석에서 1989년 일본에서 분리된 KY89-JPN (L23828)주¹⁶⁾와 Aichi124-JPN (AB031013)주¹⁷⁾는 86.9~88.4%, 1993년과 2001년 미국에서 분리된 NV-USA93 (M87661)주¹⁸⁾와 Wtchest-USA (AY502016)주¹⁹⁾에는 각각 91.0, 95.1%의 상동성을 보이고 있었다. 결과적으로 여러 수계환경에 두

가지 유전자형의 노로바이러스가 오염되어 있었고, 이들에 노출되어 노로바이러스의 집단감염이 일어난 것으로 판단된다.

IV. 고 찰

최근 우리나라 식중독 발생 건수는 해마다 차이는 있으나 전반적으로 증가추세에 있다. 급식, 외식문화, 배달음식 등의 시장 확대에 대형 식중독에 노출될 확률이 점점 높아지고 있는 추세이다.^{2,20)} 식중독 발생의 대부분은 과거와 달리 집단급식소에서 주로 발생하는데 지하수, 정수기 등의 물과 김밥·비빔밥 등 복합조리식품, 육류요리, 샐러드 등 가열공정이 없는 신선식품 등이 주요 원인으로 나타나고 있다.^{7,21)} 최근 우리나라 식중독의 주요 원인균은 노로바이러스, 병원성대장균, 황색포도상구균, 살모넬라균이다.^{5,20)} 식중독으로 인한 환자 발생은 어느 국가나 경험하는 가장 우선적인 공중보건학적인 문제인데, 특히 집단 생활을 하는 학교나 군부대 등은 대단위로 발생하여 사회적인 문제로 대두될 수 있다.²⁾

본 연구에서는 2019년 4월 중 충청남도 소재 한 고등학교에서 발생한 집단 식중독에 대한 원인을 분석하여 앞으로 이와 유사한 집단 식중독이 발생하지 않도록 예방자료로 사용하고자 한다. 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스가 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 판단된다. 최초 본 식중독의 발단이 치킨과 피자의 배달음식 주원인으로 추정하였으나, 그 이후 배달음식을 섭취하지 않은 사람에서도 증상이 발현되어 원인을 확대하여 검색하였다. 장관흡착성대장균의 경우, 검출된 병원체 중 가장 많은 환자들에게 감염이 되어 있었는데, 특이적인 것은 조리종사자와 기숙사 2층 냉온수기에서도 검출되었다는 것이다. 냉온수기의 필터 등의 관리가 제대로 이루어지지 않아 위생상태가 양호하진 않았으므로, 학생들이 장관흡착성대장균에 오염된 음용수를 섭취하여 감염이 이루어진 것으로 판단된다. 양성으로 판정된 조리종사자 역시 동일 원인에 의한 노출자로 보는 것이 타당해 보인다. 그러므로 학교 안에 사용되고 있는 냉온수기, 정수기 등의 필터 및 청소 등의 위생관리가 중요하다고 할 수 있다. 황색포도상구균의 경우, 조리종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 찾지 못하였다. 황색포도상구균의 감염경로는 물보다는 오염된 식품이나 음식물 취급자의 부주의에 의한 경우 많은데,²²⁻²⁴⁾ 이번 경우 최초 원인식품으로 지목된 치킨과 피자에 대한 보존식이 확보되지 않아 원인 조사에 어려움이 있었다. 최초 역학조사를 실시할 때, 관련된 검체의 신속한 확보와 관련 식당 종사자의 검체와 상처 유무 등의 상태를 파악 하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

노로바이러스의 경우, 많은 환자에서 GI.1형이 검출되었는데 지하수 관정에서도 노로바이러스 GI.1형이 검출되었고, 이 두 가지 바이러스의 유전자 염기서열 비교에서도 동일하게 나타났다. 현재 학교에서 지하수의 사용을 화장실로 제한하고 있었고, 노로바이러스가 수인성매개 감염병으로 주요 감염 경로가 분변-구강²⁵⁾임을 감안할 때 지하수의 영향은 미미하다고 판단하였다. 2층 기숙사 냉온수기의 위생상태가 양호하지 않아 냉온수기로 유입되는 물을 검사한 결과, 노로바이러스 GI.8형이 검출되었고, 이것은 환자 1명에서 검출된 바이러스와 일치하였다. 상수도를 사용하고 있는 학교 운동장과 급식조리실에서 채

수된 검체에서 노로바이러스 GI.1형과 GI.8형이 혼재되어 검출된 것은 오염된 상수도에 의하여 환자가 발생하였을 가능성이 있다. 현재 상수도에 대한 바이러스 분포 실태조사는 수도법 시행규칙(별표5의 3)에 따라 원수에서 정수량이 5천m³/일 미만일 때, 대장균 50/100 mL (하천수), 10/100 mL (호소수, 지하수) 초과하는 경우와 정수량이 5천 m³/일 이상일 때 수질기준 Ia 등급을 초과할 경우에만 실시하고, 정수에서는 원수에서 바이러스가 100개체/100 L 이상 검출된 경우로 한정하고 있다.²⁶⁾ 여기에 포괄적인 바이러스 용어를 사용하여 실태조사에 있어 모호한 부분이 존재한다. 본 연구에서 상수도에서의 노로바이러스 검출에 대한 가능성이 제기되고, 현재 수도법이 노로바이러스에 대해 사각지대에 놓여있는 상황에서 집단감염의 우려가 있는 노로바이러스에 대한 주기적인 관리가 가능하도록 관련 규정이 정비되어야 할 필요성이 존재한다. 또한 이번 조사에서 학교 안 배관에 대한 설계도가 정확히 파악되지 않아 오염된 지하수의 혼입가능성도 존재하므로 향후 이 바이러스의 유입경로에 대한 추가적인 분석과 조치가 필요하다. 상수도 원수 즉, 인입관로와 계량기까지의 관리 주체는 수자원공사가 담당하지만, 학교 안의 수도 배관의 관리주체는 학교이다. 그러므로 학교에서는 교내의 배관 노후정도나 유지보수에 대한 관리 등을 주체적으로 실시하여야 한다.

이번 학교 식중독 결과를 살펴보면 식품뿐만 아니라 환경위생도 중요하다는 것을 보여준다. 특히 학교 구성원들이 음용하는 물관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다. 노로바이러스는 지하수 등 오염된 수계환경으로부터 유래하였고, 이로 인하여 환자가 발생했을 것이라고 추정하지만, 일부 환자의 경우, 감염자에 의한 직접 접촉 또는 화장실을 공동으로 사용해서 전파가 확대되었을 확률도 존재한다. 그러므로 오염된 물을 사용하는 것 이외에 화장실 이용 후 손 씻기 등 개인위생에 주의를 기울여야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 2019년 4월 충청남도 소재 A 고등학교에서 발생한 집단 식중독 원인에 대하여 분석하였다. 학교 구성원 194명 중 54명(27.3%)에서 설사, 복통 등의 증상을 보였으며, 환자 39명의 검사 결과

장관흡착성대장균 21명(53.8%), 황색포도상구균 7명(17.9%), 노로바이러스 17명(43.6%)에서 양성을 나타내었다 (중복감염 포함). 이를 근거로 이번 집단식중독의 원인은 장관흡착성대장균, 황색포도상구균, 노로바이러스로 판단하였다. 장관흡착성대장균의 경우, 기숙사에서 사용하는 냉온수기에서 채수한 물에서 장관흡착성대장균이 검출되어, 장관흡착성대장균에 오염된 음용수에서 감염이 이루어진 것으로 추정되었고, 냉온수기의 필터 등 관리가 제대로 이루어지지 않았음을 확인하였다. 황색포도상구균의 경우, 조리종사자, 환경검체 등에서 검출되지 않아 유래를 추정하지 못하였다. 노로바이러스의 경우, 지하수를 비롯한 상수도에서도 동일한 유전자형의 바이러스가 검출되어 바이러스에 오염된 수계 환경의 영향으로 감염이 이루어진 것으로 판단되었다. 학교시설을 위생적으로 개선하여 오염된 물이 혼입되는 것 방지하는 것은 물론 음용수 뿐 아니라 조리수 등 사용하는 물의 관리가 철저하게 이루어져야 할 것이다. 이와 더불어 손 씻기 등의 교육을 통하여 개인위생에 대한 인식의 개선이 필요하다.

References

- World Health Organization (WHO). Basic food safety for health workers. Geneva: WHO, 1999; 10-12 (WHO document WHO/SDE/PHE/FOS/99.1).
- Kwon JW, Lee CH. Trends of recent food-borne disease outbreaks in Korea. *J Korean Med Assoc.* 2007; 50(7): 573-581.
- Hall GV, D'Souza RM, Kirk MD. Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire? *Med J Aust.* 2002; 177: 614-618.
- Kim HR. Current status of group meals and study of improving nutrition management. *KiHASA Health and Welfare Issue & Focus.* 2012; 130: 1.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korea Food & Drug Statistical Yearbook. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
- Food Safety Korea. Food Poisoning Statistics. Available: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do> [accessed 13 Aug 2019].
- Oh TY, Baek SY, Koo MS, Lee JK, Kim SM, Park KM, et al. Analysis of foodborne pathogens in food and environmental samples from foodservice establishments at schools in Gyeonggi province. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2015; 44(12): 1895-1904.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
- Vinje J, Hamidjaja RA, Sobsey MD. Development and application of a capsid VP1 (region D) based reverse transcription PCR assay for genotyping of genogroup I and II noroviruses. *J Virol Methods.* 2004; 116: 109-117.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guideline for Water & Foodborne Diseases Prevention and Control. Cheongju, Korea; KCDC, 2018.
- Ministry of Food and Drug Safety. Manual for Detection of Foodborne Pathogens at Outbreaks. Cheongju, Korea; MFDS, 2018.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Laboratory Diagnosis of Statutory Communicable Diseases. Cheongju, Korea; KCDC, 2012.
- Kim MS, Koo ES, Choi YS, Kim JY, Yoo CH, Yoon HJ, et al. Distribution of human norovirus in the coastal waters of South Korea. *PLoS One.* 2016; 11: e0163800.
- Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ. Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.* 1994; 22: 4673-4680.
- Saitou N, Nei M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol Biol Evol.* 1987; 4: 406-425.
- Wang J, Jiang X, Madore HP, Gray J, Desselberger U, Ando T, et al. Sequence diversity of small, round-structured viruses in the Norwalk virus group. *J Virol.* 1994; 68: 5982-5990.
- Kobayashi S, Sakae K, Suzuki Y, Shinozaki K, Okada M, Ishiko H, et al. Molecular cloning, expression, and antigenicity of Seto virus belonging to genogroup I Norwalk-like viruses. *J Clin Microbiol.* 2000; 38(9): 3492-3494.
- Jiang X, Wang M, Wang K, Estes MK. Sequence and genomic organization of Norwalk virus. *Virology.* 1993; 195: 51-61.
- Zheng DP, Ando T, Fankhauser RL, Beard RS, Glass RI, Monroe SS. Norovirus classification and proposed strain nomenclature. *Virology.* 2006; 346(2): 312-323.
- Lee YW, Kim JG. A study on the trend of food poisoning outbreaks, reported cases, in Korea. *J Fd Hyg Safety.* 1987; 2(4): 215-237.
- Kim JG. Analysis of problems of food service

- establishments contributing to food poisoning outbreaks discovered through the epidemiological studies of some outbreaks. *J Fd Hyg Safety*. 1997; 12(3): 240-253.
22. Le Loir Y, Baron F, Gautier M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genet Mol Res*. 2003; 2(1): 63-76.
23. Kim JG. A survey on the sanitary condition of kitchens in school food-service programs. *Kor J Env Hlth*. 2003; 29(2): 87-93.
24. Kim JG. Studies on the food hygiene & safety knowledge, attitudes, and practices of kitchen employees in school food-service programs-part 1. *Kor J Env Hlth*. 2004; 30(2): 173-183.
25. Kaplan JE, Gary GW, Baron RC, Singh N, Schonberger LB, Feldman R, et al. Epidemiology of Norwalk gastroenteritis and the role of Norwalk virus in outbreaks of acute nonbacterial gastroenteritis. *Ann Intern Med*. 1982; 96: 756-761.
26. National Law Information Center. Enforcement Decree of the Water Supply and waterworks installation act. Available: <http://www.law.go.kr/LSW/lsByllInfoPLinkR.do?lsiSeq=201895&lsNm=%EC%88%98%EB%8F%84%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EA%B7%9C%EC%B9%99&bylNo=0005&bylBrNo=03&bylCls=BE&bylEfYd=20180129&bylEfYdYn=Y>. [accessed 2019 Aug 13].

<저자정보>

이현아(연구사), 최지혜(연구사), 박성민(연구관), 남해성(교수), 최진하(원장), 박준혁(연구사)