

## Serotyping and Antimicrobial Susceptibility of *Salmonella* Isolated in Korea in 2015

Si Hyun Kim<sup>1\*</sup>, Eun Hee Park<sup>2\*</sup>, In Yeong Hwang<sup>2</sup>, Hyukmin Lee<sup>3</sup>, Sae Am Song<sup>4</sup>, Miae Lee<sup>5</sup>, Seungok Lee<sup>6</sup>,  
Soo Young Kim<sup>6</sup>, Jin Ju Kim<sup>7</sup>, Jong Hee Shin<sup>8</sup>, Seong Geun Hong<sup>9</sup>, Kyeong Seob Shin<sup>10</sup>, Sunjoo Kim<sup>11</sup>,  
Nam Hee Ryoo<sup>12</sup>, Woonhyoung Lee<sup>13</sup>, Sook Jin Jang<sup>14</sup>, Jeong Hwan Shin<sup>4,15</sup>

<sup>1</sup>Department of Clinical Laboratory Science, Semyung University, Jecheon, <sup>2</sup>Department of Infectious Disease, Busan Institute of Health and Environment, Busan, <sup>3</sup>Department of Laboratory Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, <sup>4</sup>Department of Laboratory Medicine, Inje University College of Medicine, Busan, <sup>5</sup>Department of Laboratory Medicine, Ewha Womans University College of Medicine, Seoul, <sup>6</sup>Department of Laboratory Medicine, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, <sup>7</sup>Department of Laboratory Medicine, Inha University College of Medicine, Incheon, <sup>8</sup>Department of Laboratory Medicine, Chonnam National University Medical School, Gwangju, <sup>9</sup>Department of Laboratory Medicine, CHA Bundang Medical Center, CHA University, Seongnam, <sup>10</sup>Department of Laboratory Medicine, Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, <sup>11</sup>Department of Laboratory Medicine, Gyeongsang National University College of Medicine, Jinju, <sup>12</sup>Department of Laboratory Medicine, Keimyung University College of Medicine, Daegu, <sup>13</sup>Department of Laboratory Medicine, Kosin University College of Medicine, Busan, <sup>14</sup>Department of Laboratory Medicine, College of Medicine, Chosun University, Gwangju, <sup>15</sup>Paik Institute for Clinical Research, Inje University, Busan, Korea

**Background:** *Salmonella* is an important pathogen that causes gastroenteritis and sepsis in humans. Recently, changes in serotype prevalence and an increase in antimicrobial resistance have been reported. This study investigated the distribution of *Salmonella* serotypes and determined the antimicrobial susceptibility of various strains.

**Methods:** We collected 113 *Salmonella* isolates other than *Salmonella* serotype Typhi from 18 university hospitals in 2015. The serotypes were identified by *Salmonella* antisera O and H according to the Kauffman White scheme. Antimicrobial susceptibility tests for 12 antibiotics were performed using the disk diffusion method or E-test.

**Results:** We identified 22 serotypes. Serotype group B (44.2%) was the most common, followed by groups C (34.5%) and D (21.2%). *Salmonella* I 4,[5],12:i-

(23.0%), *S. Enteritidis* (16.8%), and *S. Typhimurium* (12.4%) were the most common species. Resistance rates for ampicillin, chloramphenicol, ceftriaxone, and trimethoprim/sulfamethoxazole were 46.9%, 18.5%, 8.8%, and 5.3%, respectively. The intermediate resistance rate to ciprofloxacin was 29.2%. Six isolates were extended-spectrum  $\beta$ -lactamase (ESBL) producers, including 5 *bla*<sub>CTX-M-15</sub> and 1 *bla*<sub>CTX-M-55</sub>.

**Conclusion:** There have been changes in the serotype prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* in Korea, with a high prevalence of CTX-M 15-positive strains. Continuous monitoring of *Salmonella* serotypes and antimicrobial resistance is warranted. (Ann Clin Microbiol 2019;22:55-60)

**Key Words:** Antimicrobial resistance, *Salmonella*, Serotype

### INTRODUCTION

살모넬라균은 전 세계적으로 가장 대표적인 수인성, 식품매개질환 원인병원체로 위장염, 패혈증 등을 일으키는 인수공통

병원체이다[1]. 살모넬라균은 *Salmonella enterica*와 *Salmonella bongori*의 두 종으로 구성되며, 균체항원(O-antigen)과 두 종류의 편모항원(H-antigen)에 의해 약 2,500여 종의 혈청형으로 이루어져 있다.

Received 27 January, 2019, Revised 18 June, 2019, Accepted 7 August, 2019

Correspondence: Jeong Hwan Shin, Department of Laboratory Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 75 Bokjiro, Busanjin-gu, Busan 47392, Korea. (Tel) 82-51-890-6475, (Fax) 82-51-890-8615, (E-mail) jhsmile@inje.ac.kr

\*These authors contributed equally to this work.

© The Korean Society of Clinical Microbiology.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

국내에서는 비장티푸스성 살모넬라 감염증의 증가, 특히 소아에서 위장관염 및 침습성 감염의 증가가 보고된 바 있다[2]. 국내에서는 오랫동안 *S. enterica* serovar Typhimurium에 의한 식중독의 빈도가 가장 높았으나[3], 1996년 이후 *S. Enteritidis* 혈청형이 가장 높은 발생빈도를 차지하고 있다. 최근 살모넬라균은 매년 다양한 혈청형 분포를 나타내고 있으며, 비특이 혈청형에 의한 집단 환자발생도 지속적으로 보고되고 있다. 따라서 지역별 및 환경적 요인에 의한 혈청형 분리의 차이를 확인하고 새로운 살모넬라 혈청형을 확인하기 위하여 살모넬라균의 혈청형 동정은 필수적이다.

살모넬라 감염증은 건강한 성인에서는 단순한 위장관염의 경우 일시적 감염 후 자연적인 회복도 가능하지만 영유아 등의 경우 치명적이어서 항균제 치료가 필수적이다. 전통적으로 사용되어 온 항균제로는 ampicillin, chloramphenicol, trimethoprim-sulfamethoxazole 등이 있으며, 내성의 증가로 인해 치료에 어려움을 겪고 있다[4]. Fluoroquinolone과 3세대 cephalosporin 항균제는 침습성 살모넬라 감염증의 1차 약제로 사용되고 있으나 extended-spectrum  $\beta$ -lactamase (ESBL)을 생산하는 살모넬라에 의한 감염증의 보고가 증가하고 있다[5,6]. ESBL에 의한 내성은 플라스미드를 통해 전파가 가능하며, quinolone 제제를 사용할 수 없는 소아에서 발생할 경우 치료 실패의 가능성이 있어 지속적인 감시가 요구된다[7].

본 연구에서는 2015년 국내에서 분리된 살모넬라균을 대상으로 혈청형의 분포와 항균제 내성률을 조사하고 ceftriaxone에 내성을 보이는 살모넬라균을 대상으로 ESBL의 유전형을 확인하고자 하였다.

## MATERIALS AND METHODS

2015년 서울, 경기, 충청, 경상, 전라를 포함한 전국 18개 대학병원에서 분리된 113주의 장티푸스 혈청형을 제외한 살모넬라 균주를 대상으로 하였다. 수집된 균주는 Vitek 2 system (bioMérieux, Inc., Marcy l'Étoile, France)을 이용하여 재동정하였으며, 혈액한천배지를 이용하여 재배양 후 실험에 사용하기

전까지  $-70^{\circ}\text{C}$  초저온 냉동고에 보관하였다.

살모넬라균의 혈청형은 Kauffman White scheme에 따라 균체 항원과 두 종류의 편모항원을 검사하였다. Salmonella O antisera (Becton, Dickinson and company, Sparks, MD, USA)를 이용하여 O 항원을 결정한 후 Salmonella H antisera (Becton, Dickinson and company)에 대한 응집반응을 확인하여 H 항원을 결정하였다. 항균제 감수성 검사는 디스크 확산법(Becton, Dickinson and company) 또는 E-test (bioMérieux, Inc.)를 이용하였고, Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침에 따라 판정하였다[8]. 검사에 이용한 항균제는 총 12종으로 amoxicillin-clavulanic acid, ampicillin, amikacin, azithromycin, ciprofloxacin, ceftriaxone, chloramphenicol, gentamicin, imipenem, nalidixic acid, trimethoprim-sulfamethoxazole, tetracycline 이었고 ciprofloxacin은 E-test로 검사하였다. *Escherichia coli* ATCC 25922를 정도관리 균주로 이용하였다.

항균제 감수성 시험 결과 ceftriaxone에 내성 및 중등도 내성을 보이는 경우 ESBL 유전형 검사를 시행하였다. 가열추출법으로 핵산을 분리하였다. ESBL 존재 여부를 확인하기 위해 *bla*<sub>CTX-M-1</sub>, *bla*<sub>CTX-M-2</sub>, *bla*<sub>CTX-M-9</sub>, *bla*<sub>CTX-M-25</sub>형 유전자를 대상으로 PCR을 시행하였으며, 각 유전자에 대한 primer 서열 및 증폭물의 크기는 Table 1과 같다. PCR 반응 조건은  $94^{\circ}\text{C}$ 에서 5분간 DNA를 변성시킨 후  $94^{\circ}\text{C}$  30초,  $56^{\circ}\text{C}$  20초,  $72^{\circ}\text{C}$  40초를 1 cycle로 하여 30회 반복한 후  $72^{\circ}\text{C}$ 에서 7분간 두었다. 2% agarose gel을 이용하여 전기 영동 후 해당 유전자에 대한 증폭물이 확인되면 염기서열을 분석하여 내성유전자를 확인하였다.

## RESULTS

수집된 113주의 살모넬라는 stool (n=55)과 blood culture (n=36)에서 가장 많이 분리되었으며, gastrointestinal tract (n=3), urine (n=2), sputum (n=1), other (n=3) 순으로 나타났으며 13주는 분리된 검체를 알 수 없었다. 살모넬라의 혈청군은 B군이 44.2% (50/113)로 가장 많았으며, C군이 34.5%

**Table 1.** Primers used for PCR amplification and sequencing of ESBL genes

Target gene	Primer name	Primer sequences (5'-3')	Amplicon size (bp)
<i>bla</i> <sub>CTX-M-1</sub>	CTX-M-1 F	GACTATTCATGTTGTTGTTAWTTC	973
	CTX-M-1 R	TAAGGCGATAAACAAAAACGGA	
<i>bla</i> <sub>CTX-M-2</sub>	CTX-M-2 F	GAGGGATAATACTAATAGAGGA	964
	CTX-M-2 R	CTGAAGTTCAGGAGCACATT	
<i>bla</i> <sub>CTX-M-9</sub>	CTX-M-9 F	GAATACTGATGTAACACGGATT	962
	CTX-M-9 R	CTGATCCTTCAACTCAGCAA	
<i>bla</i> <sub>CTX-M-25</sub>	CTX-M-25 F	GGAATTTAGGCTTCACTCAC	972
	CTX-M-25 R	TTAGAATACAAATAGTAAGTGGAG	

(39/113), D군이 21.2% (24/113)였다. 분리된 살모넬라균의 주요 혈청형은 *Salmonella* 14,[5],12:i:-이 23.0% (n=26), *S. Enteritidis*가 16.8% (n=19), *S. Typhimurium*이 12.4% (n=14)로 전체 균주의 52.2% (n=59)를 차지하였다(Table 2). B군에서는 *S. Stanley*와 *S. Agona*가 각각 4주와 2주 분리되었고, *S. Paratyphi B*도 2주 분리되었다. C군은 혈청형의 분포가 가장 다양하여 총 13종의 혈청형이 분리되었으며, *S. Bareilly*가 9주, *S. Infantis*, *S. Thompson*, *S. Virchow*가 각각 5주씩 분리되었다.

분리된 살모넬라균의 항균제 내성은 Table 3과 같다. 전체 살모넬라균의 내성률은 ampicillin이 46.9%, chloramphenicol이 18.6%, ceftriaxone이 8.8%, trimethoprim-sulfamethoxazole이 5.3%였고, ciprofloxacin에는 내성인 균주가 검출되지 않았다. 혈청형별로 항균제 내성에 차이를 보였는데, *Salmonella* 14,[5],12:i:- (n=26)의 경우 ampicillin에서 96.1% (n=25)로 가장 높은 내성률을 보였으며, ampicillin에 내성인 전체 균주 중 47.2%를 차지한 반면, ceftriaxone, trimethoprim-sulfamethoxazole에는 모두 감수성이었다. *S. Enteritidis* (n=19)는 ampicillin, chloramphenicol, ceftriaxone에 각각 36.8% (n=7), 47.4% (n=9), 21.0% (n=4)의 내성률을 보였으며 trimethoprim-sulfamethoxazole에서는 내성을 보이지 않았다. *S. Typhimurium* (n=14)은 ampicillin 64.3% (n=9), chloramphenicol 21.4% (n=3), trimethoprim-sulfamethoxazole 14.3% (n=2), ceftriaxone 7.1% (n=1)에서 내성이었다. *S. Bareilly*의 경우 9주 중 2주에서(22.2%) ampicillin, ceftriaxone에 모두 내성을 보이고 다른 항균제에는 내성을 보이지 않았다. *S. Rissen*과 *S. Virchow*의 경우 ampicillin에 대한 내성률은 75.0% (n=3)와 60.0% (n=3)로 높았지만 *S. Virchow*는 ceftriaxone 내성률이 60% (n=3)였고, *S. Rissen*은 모두 감수성이었다. *S. Infantis* (n=5), *S. Thompson* (n=5), *S. Narashino* (n=3), *S. Agona* (n=2), *S. Bardo* (n=2), *S. Paratyphi*

*B* (n=2), *S. Livingstone* (n=1), *S. Mbandaka* (n=1), *S. Saintpaul* (n=1) 및 *Salmonella* II6,7:g,[m],s,t:[z42] (n=1)의 경우 모든 항균제에 내성을 보이지 않았다.

Ciprofloxacin 내성인 균주는 검출되지 않았지만, 중등도 내성이 29.2% (n=33)로 높게 나타났다. *S. Enteritidis*가 84.2% (16/19)에서 중등도 내성이었고 이것은 ciprofloxacin에 중등도 내성을 보이는 33주 중 48.5%를 차지하였다. 다음으로 *S. Rissen* 75.0% (3/4), *S. Montevideo* 50% (1/2), *S. Typhimurium* 28.6% (4/14)로 중등도 내성률이 높았으며, *S. Agama*와 *S. Babou*는 각각 1주만 수집되었지만 모두 ciprofloxacin에 중등도 내성을 보였다.

총 113주의 살모넬라균 중 5주(4.4%)가 ampicillin, chloramphenicol, ceftriaxone, trimethoprim-sulfamethoxazole, ciprofloxacin의 5가지 항균제 중 3가지 이상 내성을 보이는 다제내성균이었다. 5주의 다제내성균 모두 ampicillin과 chloramphenicol에 내성을 보였다. 혈청형별로 다제내성률을 비교해 보았을 때 *S. Dabou* 100% (1/1), *S. Panama* 40.0% (2/5), *S. Typhimurium* 14.3% (2/14)로 나타났다. *S. Bareilly*, *S. Rissen*, *S. Enteritidis*는 모두 다제내성균이 아닌 것으로 확인되었지만, 2가지 이상 항균제에 내성을 보이는 균주가 각각 100% (4/4), 85.7% (6/7), 70.0% (14/20)로 2가지 이상 항균제에 내성을 보이는 균주 중 63.2% (24/38)를 차지하였다. Ceftriaxone에 내성인 10주 중 6주에서 ESBL 유전자가 확인되었다. ESBL 양성인 6주 중 4주는 *S. Enteritidis*로 *bla*<sub>CTX-M-15</sub> 양성이 3주, *bla*<sub>CTX-M-55</sub> 양성이 1주였으며 나머지 2주는 *S. Virchow*로 모두 *bla*<sub>CTX-M-15</sub> 양성으로 확인되었다.

**Table 2.** Serogroup and serotype distribution of *Salmonella* isolates

Serogroup B		Serogroup C		Serogroup D	
Serotype	No. (%)	Serotype	No. (%)	Serotype	No. (%)
I 4,[5],12:i:-	26 (23.0)	Bareilly	9 (8.0)	Enteritidis	19 (16.8)
Typhimurium	14 (12.4)	Infantis	5 (4.4)	Panama	5 (4.4)
Stanley	4 (3.5)	Thompson	5 (4.4)		
Agona	2 (1.8)	Virchow	5 (4.4)		
Paratyphi B	2 (1.8)	Rissen	4 (3.5)		
Agama	1 (0.9)	Narashino	3 (2.7)		
Saintpaul	1 (0.9)	Montevideo	2 (1.8)		
		II 6,7:g,[m],s,t:[z42]	1 (0.9)		
		Bardo	1 (0.9)		
		Dabou	1 (0.9)		
		Hindmarsh	1 (0.9)		
		Livingstone	1 (0.9)		
		Mbandaka	1 (0.9)		

**Table 3.** Antimicrobial resistance rates by *Salmonella* serotype

Serotype	No.	AMC	AMP	CC	IPM	CRO	GEM	AMK	TET	SXT	NA	AZI	CIP
I 4,[5],12:i:-	26	1 (3.9)	25 (96.1)	2 (7.7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	24 (92.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Enteritidis	19	1 (5.3)	7 (36.8)	9 (47.4)	0 (0)	4 (21.0)	1 (5.3)	0 (0)	4 (21.0)	0 (0)	19 (100)	0 (0)	0 (0)
Typhimurium	14	2 (14.3)	9 (64.3)	3 (21.4)	0 (0)	1 (7.1)	2 (14.3)	0 (0)	10 (71.4)	2 (14.3)	3 (21.4)	0 (0)	0 (0)
Bareilly	9	2 (22.2)	2 (22.2)	0 (0)	0 (0)	2 (22.2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Infantis	5	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Panama	5	0 (0)	2 (40.0)	2 (40.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (40.0)	2 (40.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Thompson	5	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Virchow	5	0 (0)	3 (60.0)	0 (0)	0 (0)	3 (60.0)	0 (0)	0 (0)	3 (60.0)	0 (0)	5 (100)	0 (0)	0 (0)
Rissen	4	0 (0)	3 (75.0)	3 (75.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (100)	1 (25.0)	1 (25.0)	0 (0)	0 (0)
Stanley	4	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (25.0)	0 (0)	0 (0)
Narashino	3	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Agona	2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Montevideo	2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (50.0)	0 (0)	0 (0)
Paratyphi B	2	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Others*	8	0 (0)	2 (25.0)	2 (25.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (12.5)	1 (12.5)	2 (25.0)	0 (0)	0 (0)
Total	113	6 (5.3%)	53 (46.9%)	21 (18.6%)	0 (0%)	10 (8.8%)	3 (2.7%)	0 (0%)	48 (42.5%)	6 (5.3%)	32 (28.3%)	0 (0%)	0 (0%)

\*II 6,7:g,[m],s,t:[z42], Agama, Bardo, Dabou, Hindmarsh, Livingstone, Mbandaka, Saintpaul.  
 Abbreviations: AMC, amoxicillin-clavulanate; AMP, ampicillin; CC, chloramphenicol; IPM, imipenem; CRO, ceftriaxone; GEN, gentamicin; AMK, amikacin; TET, tetracycline; SXT, trimethoprim-sulfamethoxazole; NA, nalidixic acid; AZI, azithromycin; CIP, ciprofloxacin.

## DISCUSSION

살모넬라 혈청형은 나라별, 지역별 차이를 보이며 매년 다양한 분리 경향을 보이기 때문에 지속적인 유행 조사가 필요하다. 2004년부터 2005년까지 국내의 살모넬라 혈청형 조사 결과에 따르면 *S. Enteritidis*가 49%로 가장 빈도가 높았고, *S. Typhimurium*과 *S. Typhi*가 각각 15.8%와 7.9%였다[9]. 질병관리본부의 보고에 따르면 2011년에 *S. Enteritidis* (47%)와 *S. Typhimurium* (14%)이 가장 높은 빈도로 나타나며 집단발생에 의한 *S. Virchow* (7%)의 분리가 증가하였고, 2014년에는 *S. Enteritidis* (16.7%)가 여전히 가장 높은 분리를 보였지만 이전에 비해 분리가 감소하였으며 집단발생에 의해 *S. Thompson* (14.4%)과 *S. Livingstone* (12.8%)의 분리가 증가하였다[10,11]. *S. Typhimurium*의 단상 편모 변이체인 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-는 1977년 스페인에서 처음 보고된 이후 전 세계적으로 집단발생 사례와 분리가 증가하고 있다[12]. 본 연구기관에서 2008년 국내 살모넬라균의 혈청형 분포를 조사하였을 때 *Salmonella* I4,[5],12:i:-의 분리는 확인할 수 없었지만[13], 2011년 질병관리본부에서 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-의 국내발생 사례를 확인하고 국내 분리 현황에 대한 체계적인 조사가 필요하다고 보고한 바 있다[14]. 본 연구결과 혈청형 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-이 가장 높은 빈도로 나타나 국내 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-의 분리가 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 질병관리본부의 현황보고에 따르면 고빈도 혈청형은 *S. Enteritidis* (23.4%), *Salmonella* I4,[5],12:i:- (12.7%), *S. Bareilly* (10.7%), *S. Typhimurium* (8.6%), *S. Montevideo* (5.6%)의 순으로 분리되었다[15]. 본 연구결과에서는 *Salmonella* I4,[5],12:i:-가 23.0%로 가장 높은 빈도로 검출되었고, *S. Enteritidis*는 16.8%에서 분리가 되어 차이가 있었다. 또한 *S. Montevideo*는 1.8%에서 분리가 되어 소수로 분리된 반면 *S. Infantis*와 *S. Thompson*, *S. Virchow*, *S. Panama*가 4.4%로 고빈도 혈청형으로 분리가 되어 차이를 보였다. 이러한 차이에 대한 정확한 이유는 확인하지 못하였으나 본 연구에서는 대부분 대학병원에서 분리된 균주가 대상이어서 환자군의 차이에 기인한 것으로 생각한다.

분리된 살모넬라속 113균주에 대한 항균제 내성률은 ampicillin, chloramphenicol, ceftriaxone, trimethoprim-sulfamethoxazole이 각각 46.9%, 18.6%, 8.8%, 5.3%였고 ciprofloxacin에는 내성인 균주가 검출되지 않았다. 혈청형별 항균제 내성의 차이를 확인하였을 때, *Salmonella* I 4,[5],12:i:-의 경우 분리된 26주 중 1주를 제외하고는 모두 ampicillin에 내성을 보여 96.1%의 높은 내성률을 보였지만 ceftriaxone에 감수성을 보였다. 반면 *S. Enteritidis*는 ampicillin에는 36.8%의 내성률을 보였지만 ceftriaxone에 21.0%의 높은 내성률을 보였다. 2014년 질병관리본부 항균제 내성률[11]과 비교해 보았을 때, 전체 ampicillin 내성률이 32.9%에서 46.9%로 증가하였음을 확인할 수 있는데 이

것은 혈청형 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-의 분리가 증가하였기 때문으로 생각한다. Ceftriaxone은 *S. Enteritidis* 혈청형의 내성률이 가장 높고 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-은 모두 감수성으로 본 연구결과와 유사하였고 전체 내성률이 3.4%로 본 연구결과인 8.8%와 차이가 있음을 확인하였다. 하지만 본 연구기관의 이전 연구결과와[13] 비교해 보았을 때, ceftriaxone의 내성률은 8.6%로 유사하였다. 다만 *S. Typhimurium*과 *S. Virchow*의 경우 2008년에는 모두 내성을 보이지 않았지만 2015년에서 각각 7.1%와 60.0%로 증가하였음을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구에서 수집된 균주 수가 적어 향후 이에 대한 추가적인 확인이 필요하다. Ciprofloxacin은 주요 혈청형에서 여전히 내성을 보이지 않았지만 중등도 내성률이 29.2%로 나타나 내성률이 증가할 가능성이 있음을 시사하였다. ESBL 유전자를 가지고 있는 6균주는 모두 다제내성균은 아니었지만 2가지 이상 항균제에 내성을 보이는 균주였으며 *S. Enteritidis*가 4주로 가장 높은 빈도를 차지하였다. 확인된 ESBL 생산 *S. Enteritidis*는 이전 결과들과[12,13,16] 유사하게 대부분 *bla*<sub>CTX-M-15</sub>형으로 확인되었지만 1주에서 *bla*<sub>CTX-M-55</sub>형이 확인되어 이전 생산주들과는 조금 다른 양상을 보였다. 본 연구에서는 국내를 지역별로 구분하였을 때 각 지역의 혈청형별 균주수가 많지 않아 혈청형 및 내성률 등은 지역별로 구분하여 제시하지는 않았다.

본 연구에서는 2015년 한 해 동안 국내에서 분리된 살모넬라균주의 혈청형 빈도와 항균제 감수성 패턴에 대해 조사하였다. 주요 혈청형은 여전히 높은 분리를 보이고 있으며, 다양한 혈청형에 의한 감염 또한 증가하고 있음을 확인하였다. Ciprofloxacin의 중등도내성률이 높음을 확인하여 향후 내성이 증가할 수 있음을 시사하였다. ESBL 생산 주요 혈청형의 경우 플라스미드를 통한 내성전파가 가능하여 병원성이 강한 병원체에 내성이 전달될 경우 지역보건사회에 심각한 문제를 야기할 수 있어 이에 대한 지속적인 감시가 필요하다고 생각한다.

## REFERENCES

1. Mead PS, Slutsker L, Dietz V, McCaig LF, Bresee JS, Shapiro C, et al. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis* 1999;5:607-25.
2. Lee HJ. Salmonellosis. *Korean J Clin Microbiol* 2001;4:5-10.
3. Lee HJ. Serovars and antimicrobial susceptibility of the recent clinical isolates of *Salmonella*. *Korean J Clin Pathol* 1995;15:422-9.
4. Hwang KW, Oh BY, Kim JH, Kim MH, JeGal S, Lee EJ, et al. Antimicrobial resistance and multidrug resistance patterns of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis isolated from diarrhea patients, Incheon. *Korean J Microbiol* 2009;45:99-104.
5. Arlet G, Barrett TJ, Butaye P, Cloeckert A, Mulvey MR, White DG. *Salmonella* resistant to extended-spectrum cephalosporins: prevalence and epidemiology. *Microbes Infect* 2006;8:1945-54.
6. Chung HS, Lee H, Lee Y, Yong D, Jeong SH, Lee BK, et al. A Korean nationwide surveillance study for non-typhoidal *Salmonella*

- isolated in humans and food animals from 2006 to 2008: extended-spectrum beta-lactamase, plasmid-mediated AmpC beta-lactamase, and plasmid-mediated quinolone resistance *qnr* genes. Korean J Clin Microbiol 2012;15:14-20.
7. Miriagou V, Tassios PT, Legakis NJ, Tzouveleki LS. Expanded-spectrum cephalosporin resistance in non-typhoid *Salmonella*. Int J Antimicrob Agents 2004;23:547-55.
  8. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: twenty-fifth informational supplement. CLSI document M100-S25. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2015.
  9. Kim S, Kim SH, Chun SG, Choi ES, Lee BK. Prevalence of *Salmonella* serovars isolated from domestic residents and overseas travelers in Korea, 2004~2005. J Bacteriol Virol 2006;36:69-72.
  10. Park HM and Lee DY. Prevalence and characteristics of *Salmonella* spp. in Korea, 2011. Public Health Wkly Rep 2012;5:461-6.
  11. Yun YS, Chae SJ, Lee DY, Yoo CK. Prevalence and characteristics of *Salmonella* spp. in Korea, 2014. Public Health Wkly Rep 2015;8:470-6.
  12. Lee KH, Song W, Jeong SH, Choi KY, Yoon HS, Park MJ. Case report of pediatric gastroenteritis due to CTX-M-15 extended-spectrum beta-lactamase-producing *Salmonella enterica* serotype Enteritidis. Korean J Lab Med 2009;29:461-4.
  13. Lee JY, Kim JA, Jeong HS, Shin JH, Chang CL, Jeong J, et al. Serotyping and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp.: nationwide multicenter study in Korea. Jpn J Infect Dis 2013;66:284-9.
  14. Lee DY, Lee E, Min JE, Kim SH, Oh HB, Park MS. Epidemic by *Salmonella* I 4,[5],12:i:- and characteristics of isolates in Korea. Infect Chemother 2011;43:186-90.
  15. Yun YS, Lee DY, Chung GT. Prevalence and characteristics of *Salmonella* spp. isolated in Korea, 2015. Public Health Wkly Rep 2016;9:174-80.
  16. Kweon OG, Kim JS, Kim GO, Lee CI, Jeong KH, Kim J. Characterization of *Salmonella* spp. clinical isolates in Gyeongsangbuk-do province, 2012 to 2013. Ann Clin Microbiol 2014;17:50-7.

## =국문초록=

## 2015년 국내에서 분리된 살모넬라의 혈청형 및 항균제 감수성

<sup>1</sup>세명대학교 임상병리학과, <sup>2</sup>부산광역시 보건환경연구원 감염병연구부, <sup>3</sup>연세대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>4</sup>인제대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>5</sup>이화여자대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>6</sup>가톨릭대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>7</sup>인하대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>8</sup>전남대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>9</sup>차의과학대학교 분당차병원 진단검사의학교실, <sup>10</sup>충북대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>11</sup>경상대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>12</sup>계명대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>13</sup>고신대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>14</sup>조선대학교 의과대학 진단검사의학교실, <sup>15</sup>인제대학교 백인제기념임상의학연구소

김시현<sup>1</sup>, 박은희<sup>2</sup>, 황인영<sup>2</sup>, 이혁민<sup>3</sup>, 송새임<sup>4</sup>, 이미애<sup>5</sup>, 이승욱<sup>6</sup>, 김수영<sup>6</sup>, 김진주<sup>7</sup>, 신종희<sup>8</sup>, 홍성근<sup>9</sup>, 신경섭<sup>10</sup>, 김선주<sup>11</sup>, 류남희<sup>12</sup>, 이운형<sup>13</sup>, 장숙진<sup>14</sup>, 신정환<sup>4,15</sup>

**배경:** 살모넬라균은 위장염과 패혈증 등을 일으키는 대표적인 병원체이다. 최근 혈청형의 변화와 항균제 내성의 증가가 보고되고 있다. 본 연구에서는 살모넬라 혈청형의 분포와 항균제 내성률을 조사하고자 한다.

**방법:** 2015년, 18개의 전국 병원으로부터 수집된 총 113주의 살모넬라 균주(*Salmonella* Typhi는 제외)를 대상으로 하였다. 혈청형은 Kauffman White scheme에 따라 O 및 H 항혈청 확인하였다. 항균제 감수성 검사는 12종의 항균제를 대상으로 하였으며 디스크 확산법 또는 E-test를 이용하였다.

**결과:** 총 113주의 살모넬라에서 확인된 혈청형은 22종이었고 혈청군은 B군이 44.2%로 가장 많았고 다음으로 C군이 34.5%, D군이 21.2%였다. 단일 혈청형으로는 *Salmonella* I 4,[5],12:i:-이 23.0%, *S. Enteritidis*이 16.8%, 그리고 *S. Typhimurium*이 12.4%로 빈도가 높았다. 항균제 내성률은 ampicillin이 46.9%, chloramphenicol이 18.5%, ceftriaxone이 8.8%, trimethoprim/sulfamethoxazole이 5.3%였다. Ciprofloxacin의 중등도내성률은 29.2%였다. ESBL 생성 균주는 총 6주였고 5주는 *bla*<sub>CTX-M-15</sub>, 1주는 *bla*<sub>CTX-M-55</sub>였다.

**결론:** 본 연구에서 *Salmonella*의 혈청형 변화와 CTX-M 15를 포함한 항균제 내성률을 확인할 수 있었다. 살모넬라 혈청형 및 항균제 내성에 대한 지속적인 감시가 필요하다. [Ann Clin Microbiol 2019;22:55-60]