

서울지역 야생조류의 분변으로부터 분리된 병원성 대장균의 독력관련 유전자 및 혈청형의 분포와 항생제 내성 조사

인수공통질병팀

김혜라 · 김능희 · 박형숙 · 김영섭 · 이주형

Antimicrobial Resistance Pattern and Distribution of Virulence-associated Genes and Serotypes of Pathogenic *Escherichia Coli* Isolated from Feces of Wild Birds in Seoul

Zoonosis Team

Hye-ra Kim, Neung-hee Kim, Hyong-suk Park,
Young-sub Kim and Ju-hyung Lee

Abstract

Wild birds and especially migratory species can become long-distance vectors for a wide range of microorganisms. This study was performed to investigate the presence and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from the feces of wild birds in Seoul. We isolated 165(50.8%) *E. coli* strains from 325 wild bird feces samples in Seoul. Twenty-three percent were multiplex PCR positive for *irp2* and *fyuA* genes. Nineteen(11.5%) among the 165 *E. coli* isolates belonged to O78. We also tested the bacteria for their susceptibility to 16 antibiotics using the disk diffusion method. The majority of isolates were highly resistant to cephalothin(98.2%), ceftiofur(92.7%), ampicillin (89.7%), and neomycin(83.6%). In addition, 123 *E. coli* isolates were resistant to neomycin(96.7%), cephalothin(95.1%), apramycin(86.2%), and ceftiofur(85.4%). In this study, the detection rates of *E. coli* and enterococci were high in the feces of wild birds and the isolates showed high antibiotic resistance rates. Consequently, wild birds might constitute a potential hazard to human and animal health by transmitting multi-resistant strains to waterways and other environmental sources via their feces.

Key words : *Escherichia coli*, wild birds, antibiotics, virulence factor

서 론

국내 야생조류는 낙동강, 천수만, 성산포 등 많은 곳에 서식하고 있으나 신도시 등의 개발로 인해서 서식지가 점차 감소되고 있으며(1), 이러한 문제를 보완하기 위한 일환으로 조성한 서울시 한강변의 강서생태습지공원은 많은 야생조류가 찾아오는 서식지가 되었다(1). 한강과 같이 도심을 가로지르는 하천에 서식하는 야생조류는 가끔 및 사람에게 각종 질병을 매개하는 전염원으로 인식되고 있어 이에 대한 연구에 많은 관심을 가지고 있다. 야생조류가 아시아, 중동, 유럽, 아프리카에 걸쳐 고병원성조류인플루엔자(high pathogenic avian influenza, HPAI)의 확대에 관련되어 있다고 보고하였고, 그런 역할은 야생조류는 감염되더라도 무증상으로 쇠약해지지 않고 바이러스를 먼 거리까지 배출하기 때문이다(2). 야생조류 분변에서 HPAI 가 관찰되어 가끔 및 사람을 위협하고 있으며(3), 비둘기 유래의 뉴캐슬 바이러스가 평의장에서 분리된 보고도 있다(4). 또한 유럽에서는 야생조류 분변에서 *Salmonella* spp., *Camphylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens* 등 장내 병원성 세균이 검출되었고(5), 국내에서는 대구지역 야생조류 분변에서 분리된 *Salmonella* spp.가 분리되었으며(6), 비둘기의 장내용물에서 vero toxin 생산 대장균이 분리(7)되는 등 가끔 및 사람의 질병과 관련하여 야생조류는 중요한 전염 매개체로 추정되고 있다.

대장균은 사람에게 있어서는 설사증, 요로감염증, 패혈증 및 뇌막염 등의 질환을 유발하며(8), 가축에서는 경구감염으로 인한 장염을 일으키는 한편, 가끔에서는 호흡기도를 통한 장관 외 감염으로 급성 패혈증, 기낭염, 심낭염 및 간주위염 등의 전신 감염증을 주로 일으킨다(9).

설사를 일으키는 병원성 대장균은 EHEC(enterohemorrhage *E. coli*)와 ETEC(enterotoxigenic *E. coli*)를 포함하여 enteropathogenic *E. coli*(EPEC), enteroaggregative *E. coli*(EAEC), enteroinvasive *E. coli*(EIEC)의 5가지로 분류된다(10).

가끔에서의 대장균증은 마이코플라즈마병과 복

합감염 또는 전염성F낭병 및 닭전염성빈혈증 등의 감염에 의해 면역이 억제되었을 경우나 암모니아 가스에 노출되었을 시 2차적으로 쉽게 발병하여 높은 폐사율을 나타냄으로 농가에 심각한 경제적 손실을 초래하여 전 세계적으로 중요시 되고 있는 질병이다. 우리나라에서는 조류 대장균증은 1970년대 후반부터 가끔 산업이 발전함에 따라 주목되어 왔고, 발생 빈도와 심각성은 최근 몇 해 동안 급증되었다(10, 11).

병원성 대장균과 비병원성 대장균의 편모항원(H antigen) 및 체세포항원(O antigen)이 다르고, 이 두 가지 항원에 따라 혈청형, 생물형, phase type으로 분류된다(9). 가끔류에서 주로 분리되는 병원성 대장균은 주로 O1, O2, O8, O35, O78 등에 속한다(12). 조류 병원성 대장균이 수의학분야에서 주목을 받은 이후 병원성 인자를 확인하고자 하는 많은 연구가 진행되었고, 선모 항원관련 인자(fimbrial type), 철 성분 획득과 이용에 관여하는 담철세포(iron acquisition system: *fyuA* and *irp2* genes), K1 협막(capsule)항원관련 인자, 혈구 응집소 이동 관련 인자(temperature sensitive haemagglutinin(*tsh* gene), 세포침투 관련 단백질(IbeA protein)등이 병원성과 관련된 인자들로 조사되었다(13). 이들 조류 병원성대장균의 병원성 인자의 주요한 작용은 일반 대장균이 침입할 수 없는 호흡기 등 전신에 넘나들며 증식할 수 있도록 하고, 방어면역 체계에 저항하기도 한다(14). 조류 병원성 대장균의 병원성과 연관된 인자로는 *fimC*, *astA*, *papC*, *tsh*, *fyuA*, *irp2*, *iucD*, *iss*, *hlyE*, *eaeA*, *vat* 등이 개별적이거나 연합하여 중요한 병원성을 유발하는 역할을 한다(15). 그 중 *irp2*와 *fyuA*는 철이온의 흡수와 연관되어 높은 병원성을 일으키고 특히 조류에서 높은 검출률을 보여(16) 두 병원성 인자를 본 연구에서 조사하였다.

항생제는 각종 세균성 감염증의 치료에 유용하게 사용될 뿐만 아니라 가축에서 발육촉진을 목적으로 사료에 첨가함으로써 항생제 오·남용에 의한 약제내성균이 선택적으로 증가하여 세균성 감염증의 치료 및 예방에 많은 문제점을 일으키고 있다(17). 항생제 내성은 사람의 건강 및 생명과

직결되는 문제로서 사회적인 관심과 그 중요성이 점차 커지고 있고, 동물과 사람에서 항생제 오남용은 내성 증가로 인한 병원성 세균 및 일반 세균의 내성 유전자 전달 가능성 등으로 그 우려가 높아지고 있다(18). 병원성 대장균 역시 여러 항생제에 내성을 갖는 균주가 증가하였고, 각종 질환의 원인균으로 작용하는 병원성 대장균에 사용되던 항생제는 새로운 계열의 항생제로 대체하고 있다(19).

국내 조류에서 분리된 병원성대장균의 항생제 내성양상을 분석한 결과 암피실린과 테트라사이클린에 높은 내성률과 내성유전자를 보고하였고(20~22), 외국의 경우 운동장이나 공원 내에 서식하는 야생조류 분변을 통해 어린 아이들에게 질병을 유발할 수 있어 공중보건학적으로 중요하다는 연구결과도 있지만(23), 국내에서는 야생 조류에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 야생조류는 이동이 용이하여 주변의 국가로부터 국내로 질병을 유입할 수 있는 가능성이 높고 국내 가축 및 사람에게 질병의 중요한 매개체로 작용할 수 있어 야생조류에 대한 연구가 요구되어지고 있다(24).

본 연구에서는 서울지역 야생조류 분변을 한강변 및 공원에서 채취하여 야생조류에 의해 인체로 감염될 수 있는 조류 병원성 대장균 유전자 중 *fyuA*와 *irp2*의 분포 및 가장 높은 검출률을 보이는 O78 혈청형 연구로 야생조류를 통한 항생제 내성균의 확산방지 및 내성균 저감 대책의 기초자료로 활용하여 건강하고 안전한 도시환경 조성에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

2015년 1월부터 5월까지와 10월부터 12월까지 야생 조류 분변을 서울시내 야생조류 서식지에서 199건, 그리고 서울 주변 및 시내 공원 2곳에서 서식하는 야생조류 분변을 126건을 채취하여 야생조류 분변시료는 설압자를 이용 멸균된 50 ml conical tube(BD, USA)에 채취하여 냉장 상태를 유지하여 실험실로 운반하였으며, 검사 당일 사용하였다.

2. 병원성 대장균 검사

1) 대장균(*E. coli*) 분리 및 동정

수집된 야생조류의 분변샘플은 균의 분리 동정을 위하여 12시간 내에 멸균면봉으로 brilliant green lactose bile(BGLB, Difco, USA) broth 9 ml에 분변을 첨가하여 42°C에서 48시간 증균배양 후, eosin Methylene Blue agar(EMB, MERCK)에 도말하여 37°C에서 18~24시간 배양하였으며, EMB 상에서 금속성 또는 비금속성을 나타내는 집락에 대해서는 MacConkey agar(MERCK)에 도말 후 37°C, 18~24시간 배양한 후 분홍색 집락을 선택하여 자동화 미생물 검사장비(Vitek 2 compact, BioMérieux, France) 및 IMViC(Indole(+), MR(+), VP(-), citrate(Oxoid) 생화학 검사로 최종 확인하였다(25).

2) 다중중합효소연쇄반응(multiplex PCR)을 통한 *E. coli*의 독력인자(virulence factors) 조사

분리된 대장균에서 DNA추출법은 Watterworth 등(26)의 방법에 따라 boiling 법으로 실시하였다. 분리된 균주를 tryptic soy broth(TSB, merck)에 접종하여 37°C에서 18~24시간 진탕 배양 후 균 부유액 1 ml를 14,000 rpm에서 5~10분 동안 원심분리 후 상층액을 제거하고 다시 멸균증류수 100 µl를 넣어 재부유 시켰다. 균부유액을 끓는 물에 15분 가열한 후, 5분간 원심분리한 뒤 상층액을 취하여 template DNA로 사용하였다. VeTeK™ APEC Detection Kit(iNtRON Biotech)을 이용하여 Multiplex PCR로 2가지 조류 병원성 대장균 유전자를 분석하였다. 유전자 증폭 과정은 94°C에서 5분간 예비가열 후, 94°C에서 변성(denaturation) 30초, 52°C에서 풀림(annealing) 30초, 72°C에서 신장반응(extension) 40초간 40회 실시한 후, 72°C에서 5분간 반응시킨 후 1.5% agarose gel에 전기영동 하였다.

3. 대장균 혈청형 시험

Brain heart agar(BHI, Difco)에 균을 접종하여 18~24시간 배양 후 균을 멸균식염수에 농후

하게 풀어 균 부유액을 제조하였고, 이 균액을 slide glass에 도말한 후 시판되는 대장균 O78 항혈청(Denka seiken, Japan)을 동량 첨가하여 응집반응 유무로 혈청형 검사를 실시하였다.

4. 항생제 감수성 검사

항생제 감수성 시험은 Clinical and Laboratory Standard Institute(27)의 방법에 따라 디스크 확산법으로 실시하였다. 사용한 항생제 디스크(Oxoid)는 ampicillin(AMP, 10 µg), amoxicillin-clavulanic acid(AMC, 30 µg), cephalothin(KF, 30 µg), cefepime(FEP, 30 µg), ceftiofur(EFT, 30 µg), gentamicin(CN, 10 µg), apramycin(APR, 15 µg), neomycin(N, 30 µg), streptomycin(S, 300 µg), tetracycline(TE, 30 µg), ciprofloxacin(CIP, 5 µg), enrofloxacin(ENR, 5 µg), nalidixic acid(NA, 30 µg), sulfamethoxazole/trimethoprim(SXT, 25 µg), chloramphenicol(CM, 30 µg), florfenicol(FFC, 30 µg) 등 16종이었다. 분리된 균은 Mueller-Hinton(MH) broth(Difco, Becton Dickinson)에 접종하여 37°C에서 18시간 배양하여 McFarland 탁도가 0.5로 되도록 희석한 다음, MH agar에 도말하였다. 이후 항생제 디스크를 분주기(antibiotic disc roll dispenser)(Oxoid, UK)로 접종한 후 37°C에서 16~18시간 배양한 후 발육 억제대의 크기를 측정하였다. 판정 결과는 CLSI의 기준에 따라 감수성, 내성의 2단계로 구분하였

으며, 중등도 이상의 내성을 보이는 균주들은 내성으로 판정 구분하였다.

5. 통계분석

분변 시료 채취 장소에 따른 대장균의 검출률을 비교하기 위한 유의성 검증을 위하여 SPSS (Statistical Package for Social Science) V.22.0을 이용하여 5% 유의수준에서 chi-square test로 순위검증을 실시하였다.

결 과

서울지역 야생조류 분변 내 대장균의 검출률은 표 2와 같다. 검사시료 조류 분변을 채취한 325건 중 대장균이 검출된 것은 165건(50.8%)이었다. 대장균이 검출되지 않은 시료는 160건(49.2%)으로 나타났다.

서울시내 야생조류 대장균의 검출률은 표 3에 나타내었다. 하천 지역에서 채취한 시료의 47.2%에서 대장균이 검출되었고, 공원 지역은 56.3%에서 검출되었다.

야생조류 서식지와 공원 내 야생조류 분변에서 대장균의 분리율은 표 4 및 표 5와 같다. 가장 높은 분리율은 석촌호수와 고덕생태습지공원이 77.8%, 68.0%였고, 다음으로 성북천, 안양천 순으로 분리율이 나타났다. 분리된 대장균 94건 중 병원성 인자 *irp2*는 12건(12.8%)에서 검출되었고, *fyuA*

Table 1. Target genes and size of PCR products

Category	Target genes	Size of PCR products(bp)
APEC (Avian pathogenic <i>Escherichia coli</i>)	<i>irp2</i>	264
	<i>fyuA</i>	780

Table 2. Prevalence of *Escherichia coli* from 325 feces samples in the living wild birds in Seoul

Classification	No. of isolates(%)
No. of non-isolation	160(49.2)
No. of <i>E coli</i> isolated	165(50.8)
Total	325(100.0)

는 3건(3.2%)에서 검출되었다. 공원 두 곳에서의 대장균 분리율은 각각 53.9%, 60.0%였다. 분리된 대장균 71건 중 병원성인자 *irp2*는 14건(19.7%)에서 검출되었고, *fyuA*는 10건(14.1%)

에서 검출되었다.

대장균의 병원성 유전자의 검출을 위하여 총 165건 대장균 분리주에서 *irp2*의 병원성 유전자 분리는 26건으로서 분리율이 15.8%였으며, *fyuA*

Table 3. Prevalence of *Escherichia coli* from 325 feces samples of wild birds in Seoul

Classification	No. of samples	No. of isolates(%)	
Wild bird habitats*	199	94	(47.2)
Public parks	126	71	(56.3)
Total	325	165	(50.8)

* The row variables are not significant(P>0.05)

Table 4. Prevalence of *Escherichia coli* from feces of wild birds in habitats in Seoul

Wild bird habitats	No. feces	No. of isolation (isolation rates, %)	<i>irp2</i> (264bp)	<i>fyuA</i> (780bp)
Gangseo Ecology Park	36	10(27.8)	2	-*
Tancheon	17	9(52.9)	2	1
Godeok ecological park	25	17(68.0)	-	-
Anyangcheon	30	16(53.3)	1	-
Dorimcheon	8	3(37.5)	-	-
Cheonggyecheon	18	7(38.9)	1	-
Junglangcheon	30	13(43.3)	2	1
Uicheon	3	1(33.3)	-	-
Yangjaecheon	8	2(25.0)	-	-
Sekchoen lake	18	14(77.8)	4	1
Seonbukcheon	3	2(66.7)	-	-
Junglengcheon	3	0(0.0)	-	-
Total	199	94(47.2)	12(12.8%)	3(3.2%)

* -, none PCR product

Table 5. Prevalence of *Escherichia coli* from feces of wild birds in public parks in Seoul

Public parks	No. feces	No. of isolation (isolation rates, %)	<i>irp2</i> (264bp)	<i>fyuA</i> (780bp)
Seoul grand park	76	41(53.9)	10	8
Seoul children's grand park	50	30(60.0)	4	2
Total	126	71(56.3)	14(19.7%)	10(14.1%)

병원성 유전자 분리는 13건으로서 분리율이 7.9%로 나타났다. 대장균의 병원성 유전자 *irp2*와 *fyuA*를 동시에 포함하고 있는 병원성대장균은 10건(6.1%)으로 조사되었다. 분리된 대장균 중 O78 혈청형은 19건(11.5%)이 검출되었다.

분리된 총 165주의 대장균에 대한 항생제 감수

성 검사 결과는 표 7과 같다. 분리된 균주에 대해 가장 높은 내성을 보인 항생제는 cephalothin으로 98.2%의 내성률을 나타내었고, ceftiofur, ampicillin과 neomycin에는 각각 92.7%, 89.7% 및 83.6%의 높은 내성률을 나타내었다. cefepime, florfenicol과 sulfamethoxazole/trimethoprim에

Table 6. Detections of virulence genes by multiplex PCR in APEC isolates(n=165) from wild birds in Seoul

Composition of toxin genes	No. of positive(%)
<i>irp2</i>	26(15.8%)
<i>fyuA</i>	13(7.9%)
<i>irp2</i> + <i>fyuA</i>	10(6.1%)
O78 serotype	19(11.5%)

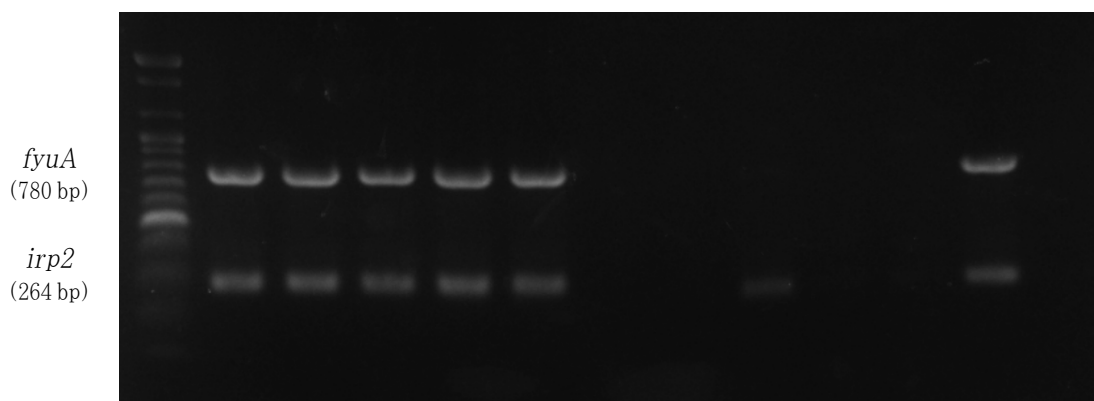


Fig. 1. Multiplex PCR amplifications of the 2 selective avian pathogenic *Escherichia coli* genes ; *irp2*(264 bp), *fyuA*(780 bp).

Table 7. Antimicrobial resistance of 165 isolates from wild birds feces in Seoul

Microorganisms	No. of Isolates	No. of resistance isolates(%)															
		AMP	AMC	KF	FEP	EFT	CN	APR	N	S	TE	CIP	ENR	NA	SXT	CM	FFC
<i>E. coli</i>	165	148	110	162	12	153	27	102	138	53	55	27	46	103	18	22	14
		(89.7)	(66.7)	(98.2)	(7.3)	(92.7)	(16.4)	(61.8)	(83.6)	(32.1)	(33.3)	(16.4)	(27.9)	(62.4)	(10.9)	(13.3)	(8.5)

AMP, ampicillin ; AMC, amoxicillin/clavulanic acid ; KF, cephalothin ; FEP, cefepime ; EFT, ceftiofur ; CN, gentamicin ; APR, apramycin ; N, neomycin ; S, streptomycin ; TE, tetracycline ; CIP, ciprofloxacin ; ENR, enrofloxacin ; NA, nalidixic acid ; SXT, sulfamethoxazole/trimethoprim ; CM, chloramphenicol ; FFC, florfenicol

는 각각 7.3%, 8.5%, 10.9%로 낮은 내성률을 나타냈다.

고 찰

본 연구는 2015년 1월부터 5월, 10월부터 12월 까지 서울시내 야생조류 서식지에서 분변 325건을 채취하여 그람 음성균의 지표세균인 대장균의 검출률을 조사하였고, 분리균에 대한 병원성 인자 및 O78혈청형을 검사하고 항생제 내성률을 조사하였다. 이중 대장균은 165건(50.8%)로 높은 검출률을 보였고, 칠새 도래지에서 94건(47.2%), 공원에서는 71건(56.3%) 순으로 나타났다. 이 등(28)은 금호강 유역에 서식하고 있는 야생조류 및 물새의 분변에서의 대장균 검출률은 30.9%라고 보고하였고, 송 등(29)은 41.3%의 검출률을 보고하여 본 연구보다 낮은 결과를 보였다. 반면 뉴질랜드의 야생조류에서는 대장균이 94.0%의 검출률을 보였고, 유럽의 야생조류에서 대장균 검출률은 65.0%에서 80.0%까지 다양한 검출률은 보여 본 연구보다 높은 결과를 보였다(30, 31). 이러한 결과는 야생조류의 품종에 따라 대장균 검출률이 다르고(30), 시료 채취 계절에 따른 차이(32)로 생각된다.

조류 병원성 대장균의 병원성과 연관된 인자들 중 본 연구에서는 *irp2*와 *fyuA*의 병원성 유전자 검사 결과 *irp2*와 *fyuA*는 각각 15.8%, 7.9%의 양성률을 보였고, *irp2*와 *fyuA*를 동시에 소유한 경우는 6.1%였다. 중국에서의 조류 병원성 대장균의 *irp2*와 *fyuA*의 양성률은 44.9%, 정 등(33)이 조사한 국내에서의 조류 병원성 대장균의 *irp2*와 *fyuA*의 양성률은 각각 44.6%, 43.6%로 본 연구결과보다 높은 양성률을 보였다. *irp2*와 *fyuA* 병원성 인자는 사람과 돼지의 병원성 대장균에서는 낮게 분포하고 있지만 조류에서는 높은 양성률을 보인다(16, 34). 병원성 대장균은 사람과 포유동물의 장관에 전형적으로 집락을 형성하지만 조류에서는 장관 외 감염을 일으켜 호흡기에 질병을 일으킨다. 그러므로 본 연구에서 야생 조류에서 두 병원성 인자가 검출된 것은 다른 동물에서는

장관에 상재하는 병원성 대장균이 조류에서는 장관 이외의 기관으로 병원성 대장균의 전파 가능성이 있음을 의미한다(15).

병원성 대장균의 O78 혈청형은 11.5%의 분리율을 보였는데 이것은 Jin 등(15)의 17.6%와 비슷한 결과를 보였다. O 혈청형은 대장균을 분류하는 가장 기본적인 방법이다. 그러나 조류병원성 대장균의 주된 O 혈청형은 나라마다 다양하다. 독일과 일본은 O1, O2, O78이 49.6%로 높이 분리되고(35), 미국에서는 O2와 O78이 높게 검출된다(36).

야생 조류 분변에서 분리된 대장균에 대한 항생제 감수성 검사 결과 분리된 균주에 대해 가장 높은 내성을 보인 항생제는 cephalothin로 98.2%의 내성률을 나타내었고, ceftiofur, ampicillin과 neomycin에는 각각 92.7%, 89.7% 및 83.6%의 높은 내성률을 나타내었다. cefepime, florfenicol와 sulfamethoxazole/trimethoprim에는 각각 7.3%, 8.5%, 10.9%로 낮은 내성률을 나타냈다.

이 등(28)이 야생조류 분변에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성률을 조사한 결과 tetracycline이 45.0%로 가장 높은 내성률을 보였고, 다음으로 cephalothin 41.4%, ampicillin 36.7%, streptomycin 26.6%의 내성률을 보고하였고, 송 등(29)은 2009년부터 2010년까지 국내 야생조류 35종의 분변에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성률은 cephalothin, tetracycline, ampicillin, streptomycin, neomycin의 순서로 내성률을 나타내어 두 연구에서 높은 내성률을 보인 항생제가 본 연구에서도 높은 내성률을 보였다. 외국의 경우, Cole 등(37)은 미국의 야생거위 유래 대장균의 항생제 내성률은 tetracycline 64.0%, streptomycin 56.0%, ampicillin 20.0%로 보고하여 본 연구와 내성률은 차이가 있지만 내성을 보인 항생제 종류는 동일하였다. 소, 돼지, 닭 및 어류 등 축종별로 국내 항생제 사용량을 조사한 결과 비교적 오랜 기간 많은 양의 항생제를 사용해 온 tetracycline, streptomycin, ampicillin의 내성률은 다른 항생제에 비해 높게 나타났고(28), 특히 tetracycline는 사료첨가용으로 국내에서 많이 사용되어 지속적으로 노출되어왔기 때문에 보인

다(38). 항생제 내성을 획득한 가축 폐기물은 항생제 내성을 갖는 병원체와 내성 유전인자를 야외로 배출하여 야생 생활을 하는 동물에게 병원성 및 항생제 내성을 전달하게 된다(39). 소, 돼지 및 닭 등 가축 유래 분리균에 높은 항생제 내성률은 이들 약제의 직접적인 사용과 연관성이 있겠으나, 본 연구 결과와 같이 항생제에 노출 기회가 적은 야생조류 분변의 분리균에서 항생제에 대한 높은 내성률은 야생 조류의 먹이 및 주위 환경이 높은 항생제 내성률을 갖는 가축 폐기물의 대장균에 오염되었을 것으로 생각된다. 이번 연구에서 야생조류 역시 다양한 항생제 내성을 가지는 것으로 관찰되어 병원성대장균과 관련된 병원성 인자들의 확산과 보건위생학적인 관점에서 야생조류 유래 대장균 분리주에 대한 병원성 인자에 대한 연구가 더욱 필요하다고 판단된다.

결 론

서울 시내 하천과 공원 지역에서 서식중인 야생조류 분변 325건을 채취하여 병원성 대장균을 검사한 결과 165(50.8%)건에서 대장균이 검출되었으며, 이중 하천 지역에서는 47.9%(94건), 공원 지역에서는 56.3%(71건)의 검출률을 나타내었다. 검출된 대장균 165건 중 *irp2*의 유전자 분리율은 15.8%(26건)이었고, *fyuA* 유전자 분리율은 7.9%(13건)이었으며, *irp2*와 *fyuA*를 동시에 포함하고 있는 병원성대장균은 10건(6.1%)으로 조사되었다. 분리된 대장균 165건 중 O78 혈청형은 19(11.5%)건이었고, 항생제 내성률은 cephalothin이 98%로 가장 높았고, ceftiofur는 92.7%, ampicillin은 89.7%, neomycin은 83.6%로 상당히 높은 내성률을 나타내었으나 cefepime은 7.3%, florfenicol는 8.5%, sulfamethoxazole/trimethoprim은 10.9%로 낮은 내성률을 나타냈다. 본 연구 결과 야생조류 분변에서 병원성 대장균에 분리률이 높고 분리된 균의 항생제 내성률 또한 높게 나타난 점으로 보아 야생조류를 통한 병원성 세균이 하천변이나 공원에서 활동하는 사람에게 잠재적 위험 요인으로 작용할 수 있음을

알 수 있었다.

참고문헌

1. (주)한국조류학회 : 서울대학교 산학협력단. 김포 한강신도시 야생조류생태공원 조성·관리방안 연구, 2008.
2. Keawcharoen, J, Riel, DV, Amerongen, GV, Bestebroer, T, Beyer, WE, Lavieren, RV, Osterhaus, ADME, Fouchier, RAM and Kuiken, T : Wild ducks as long-distance vectors of high pathogenic avian influenza virus(HPAI). *Emerg. Infect. Dis.*, 14:600~607, 2008.
3. Swayne, DE and Suarez, DL : Highly pathogenic avian influenza. *Rev. Sci. Tech.*, 19:463~482, 2000.
4. Capua, I, Manvell, RJ and Antonucci, D : Isolation of the pigeon PMV-1 variant of Newcastle disease virus from imported pheasants(*Phasianus colchicus*). *Zentralbl Veterinarmed B*, 41:675~678, 1994.
5. Craven, SE, Stern, NY and Line, E : Determination of the incidence of *Salmonella* spp. *Camphylobacter jejuni*, and *Clostridium perfringens* in wild birds near broiler chicken houses by sampling intestinal droppings. *Avian Dis*, 44:715~720, 2000.
6. 윤가리, 이영주, 김기석, 탁연빈 : 대구지역 야생조류로부터 분리한 *Salmonella* 속 균의 생물화학적 특성과 plasmid profile. *Korean J. Vet. Publ. Health*, 27:59~67, 2003.
7. Fukuyama, M, Furuhashi, K, Oonaka, K, Sakata, S, Hara, M, Kakuno, Y, Itoh, T, Kai, A, Obata, H and Watanabe, T : Isolation and serotypes of vero toxin-producing *Escherichia coli*(VTEC) from pigeons and crows. *J. Japanese Assoc. infec. dis.*, 77:5~9, 2003.

8. Nataro, JP, Boop, CA, Fields, PI, Kapper, JB, Strockbine NA : *Escherichia coli*, *Shigella* and *Salmonella*. In: Murray PR, Baron EJ, Jorgensen JH, Landry ML, Pfaller MA(eds.). Manual of Clinical Microbiology. ASM press, Washington DC, 9:670~687, 2007.
9. Calnek, BW, Barnes, HJ, Beard, CW, McDougald, LR and Saif, YM(eds) : Diseases of poultry. Mosby-Wolfe, Iowa, 10:131~141, 1997.
10. Kahn, CM and Line, S : The Merck Veterinary Manual. Merck & Co, New Jersey, 9:2221~2222, 2005.
11. 식품의약품안전청 : 병원성대장균, 2010.
12. La Ragione, RM, McLaren IM, Foster, G, Cooley, WA and Woodward, MJ : Phenotypic and genotypic characterization of avian *Escherichia coli* O86:K61 isolates possessing a gamma-like intimin. Appl. Environ. Microbiol, 68:4932~4942, 2002.
13. Nakazato, G, Campos, TA, Stehling, EG, Brocchi, M and Silver, WD : Virulence factors of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC). Pesq. Vet. Bras, 29:479~486, 2009.
14. 문보미 : 대장균 증후군 닭으로부터 조류 병원성 *E. coli*의 분리 및 특성 연구. 석사학위논문, 2006.
15. Jin, WJ, Zheng, ZM and Zhang, YZ : Distribution of virulence-associated genes of avian pathogenic *Escherichia coli* isolates in China. Agric. Sci. China, 7:1511~1515, 2008.
16. Cheng, DR, Sun, HC, Xu, JS and Gao, S : Prevalence of LEE and HPI pathogenicity islands of *Escherichia coli* isolates from weaned piglets in China. Acta Microbiol Sinica, 46:368~372, 2006.
17. 이우원, 정병열, 이강록, 이동수, 김용환 : 소와 돼지유래 살모넬라속균의 약제내성유전자의 특성에 관한 연구. 한국가축위생학회지, 32:227~237, 2009.
18. Phillips, I, Casewell, M, Cox, T, De Groot B, Friis, C, Jones, R, Nighting, C, Preston, R and Waddell, J : Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. J. Antimicrob. Chemother, 53:28~52, 2004.
19. 유영아, 김무상, 김경식, 박선희, 정성국 : 서울시내 유통식품에서 분리한 대장균의 항생제 내성 및 내성유전자. J. Food Hyg. Safety, 25:220~225, 2010.
20. 김명숙, 권혁무, 성환우 : 닭에서 분리된 조류 병원성 대장균의 항생제 내성 양상. Korean J. Vet. Res, 49:195~200, 2009.
21. 성명숙, 김진현, 하중수, 조재근, 설성용, 김기석 : 가금 유래 병원성대장균의 생화학적 성상 및 혈청형. Korean J. Vet. Res, 48:145~151, 2008.
22. 김애란, 조영미, 임숙경, 허문, 정우석, 정석찬, 권준현 : 가축유래 지표세균에 대한 항생제 내성 양상 조사. 닭 분변 유래 대장균 및 장구균의 항생제 내성 양상 조사. Korean J. Vet. Public Health, 31:41~49, 2007.
23. French, NP, Midwinter, A, Holland, B, Collins-Emerson, J, Pattison, R, Colles, F and Cater, P : Molecular epidemiology of *Camphylobacter jejuni* isolates from wild-bird fecal material in children's playgrounds. Appl. Environ. Microbiol, 75:779~783, 2009.
24. 광현정, 이우원, 김장환, 정경태, 우병길, 이강록, 이동수 : 야생조류 유래 대장균의 항생제 감수성 및 plasmid profile. Korean J. Vet. Serv. 29:37~46, 2006.
25. 임숙경, 남향미, 문동찬, 장금찬, 정석찬 : 건강한 가축에서 분리한 *Escherichia coli*의 항생제 내성조사. Korea J. Vet. Res, 54:131~137, 2014.

26. Watterworth, L, Edward, T, Schraft, H and Leung, KT : Multiplex PCR-DNA probe assay for detection of pathogenic *Escherichia coli*. Journal of Microbiological Methods, 60:93~105, 2005.
27. CLSI. Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing ; twenty-second informational supplement. M100-S22. Wayne, PA, US,. 2012.
28. 이상민, 조재근, 김기석 : 수생조류 유래 대장균의 항균제 내성 및 Tetracycline 내성 유전자의 분포. 한국가금학회, 24:98~100, 2007.
29. 송은아, 오재영, 안병기, 서이경, 윤재영, 강민수, 임춘태, 권준현, 권용국 : 닭병원성 대장균과 야생조류유래 대장균 분리주에서 항생제 감수성 검사와 병원성 관련 유전자의 분포. 한국가금학회, 27:149~151, 2010.
30. Moriarty, EM, Karki, N, Mackensie, M, Sinton, LW, Wood, DR and Gilpin, BJ : Faecal indicators and pathogens in selected New Zealand waterfowl. New Zealand J. Marine Freshwater Res, 45: 679~688, 2011.
31. Guenther, S, Grobbel, M, Lubke-Becker A, Goedecke, A, Friedrich, ND, Wieler, LH and Ewers, C : Antimicrobial resistance profiles of *Escherichia coli* from common European wild bird species. Vet. Microbiol, 144:219~225, 2010.
32. Hussein H, Abulreesh : Free living rock pigeon(*Columba livia*) as an environmental reservoir of enteric bacterial pathogens resistant to antimicrobial drugs in Saudi Arabia. Cur. Res. Bacteriol, 4:28~33, 2011.
33. 정용운 : 국내 조류 병원성 대장균 분리주의 항생제 저항성 및 병원성 인자에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문, 2014.
34. Cheng, B, Cui, S, Wen, X, Jiang, G, Li, L, Liu, Q and Zhao, B : Detection of *Escherichia coli* strains harboring pathogenicity island of *Yersinia enterocolitica* in diarrheal patients and animals in China. Chinese J. Epidemiol, 21:130~133, 2000.
35. Yaguchi, K, Ositani, T, Osawa, R, Kawano, M, Kokumai, N, Kaneshige, T, Noro, T, Masubuchi, K and Shimizu, Y : Virulence factors of avian pathogenic *Escherichia coli* to serum and in pathogenicity. Infec. Immunit, 71:536~540, 2003.
36. Rodriguez-Siek, KE, Giddings, CW, Doetkott, C, Johnson, TJ and Nolan, LK : Characterizing the APEC pathotype. Vet. Res, 36:241~256, 2005.
37. Cole, D, Drum, DJ, Stallknecht, DE, White, DG and Lee, MD : Free-living Canada Geese and Antimicrobial Resistance. Emerg. Infect. Dis, 11:935~938, 2005.
38. 이영주, 김애란, 정석찬, 송시욱, 김재홍 : 닭 분변유래 *E. coli* 및 *Salmonella* spp.의 항생제 내성패턴. Korea J. Vet. Res, 45:75~83, 2005.
39. Hudson, CR, Quist, C, Lee, MD, Keyes, K, Dodson, SV, Morales, C, Sanchez, S, White, DG and Maurer, JJ : Genetic relatedness of *Salmonella* isolates from nondomestic birds in southeastern United States. J. Clin. Microbiol, 38: 1860~1865, 2000.