

대구지역 야생조류에서 분리된 대장균의 항생제 내성 조사

김경희 · 임현숙 · 이정우 · 박대현 · 양창렬 · 조재근*

대구광역시보건환경연구원

Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from wild birds in Daegu

Kyung-Hee Kim, Hyun-Suk Lim, Jung-Woo Lee, Dae-Hyun Park, Chang-Ryoul Yang, Jae-Keun Cho*

Metropolitan Health & Environmental Research Institute, Daegu 42183, Korea

This study was aimed to investigate occurrence and the antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates obtained from the feces of wild birds in Daegu. In total, 98 *E. coli* isolates (17.9%) were obtained from 547 fecal samples of wild birds. The *E. coli* carried by the birds showed a relatively high rate of antimicrobial resistance to tetracycline (27.6%) and ampicillin (21.4%). Drug resistance of the isolates to the others (penicillins, cepheems, carbapenems, aminoglycosides, quinolones, sulfonamides and phenicols) resulted in the rates less than 20%, and all isolates were susceptible to imipenem, ciprofloxacin, cefotetan, and amikacin. Approximately, 45% *E. coli* among the isolates were resistant to one or more drugs tested. The higher rate of tetracycline resistance led us to determine the prevalence of the *tet* genes (*tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* and *tetE*) in the tetracycline-resistant *E. coli* isolates by using PCR. All isolates of the tetracycline-resistant *E. coli* contained at least one or more of these *tet* genes examined. The most prevalent one was *tetA* (59.3%), and followed by *tetB* (7.4%) when tested with the selected 5 *tet* genes. Except *tetA* and *tetB*, however, the remaining *tet* genes (*tetC*, *tetD*, and *tetE*) tested were not found in this study. Nine isolates among the tetracycline-resistant *E. coli* contained the two (*tetA* and *tetB*) determinants of tetracycline resistance, simultaneously.

Key Words: *Escherichia coli*, Wild birds, Antimicrobial agents, Resistance gene

Received October 11, 2021
Revised December 27, 2021
Accepted December 27, 2021

Corresponding author:

Jae-Keun Cho

E-mail: thinking@korea.go.kr

https://orcid.org/0000-0003-3498-8101

서론

사람에서 대장균은 정상적인 균으로 존재하다가 기회감염으로 설사증, 요로감염증, 패혈증, 뇌막염 등의 다양한 질병을 유발한다(Nataro 등, 2007). 조류에서는 국소적 또는 전신적 감염으로 인해 기낭염(airsacculitis), 두부종창증(swollen-head syndrome), 봉와직염(coliform cellulitis), 복막염(peritonitis), 수란관염(salpingitis), 고환염(orchitis), 활액막염(synovitis), 난황낭 감염(yolk sac infection), 장염(enteritis) 등의 다양한 질병을 유발하고 성장저하나 폐사로 양축농가에 경제적인 손해를 끼친다(Swayne 등, 2020). 따라서 대장균 등의 기회감염에 의한 질병의 발생을 줄이고 가축의 성장률을 높이기 위

해 사료에 항생제를 첨가하였고 또, 질병치료를 위해 항생제가 지속적으로 사용되면서 가축, 축산물 뿐만 아니라 야생동물에서도 항생제에 내성이 있는 세균의 출현이 보고되고 있다(Kwak 등, 2006; Cho 등, 2008; Kim 등, 2009; Yun 등, 2010; Bonnedahl과 Järhult, 2014; Cho 등, 2014; Kim 등, 2020; Ong 등, 2020). 여기서 더 나아가 요즈음은 폐수 등의 환경에서도 항생제 내성균이 보고되고 있다(Lee 등, 2006; Cho 등, 2014; Kim 등, 2014; Lee 등, 2017; Hwang 등, 2020). 또 여러 가지 항생제에 내성을 나타내는 다제 내성 항생제 내성균의 출현이 증가하고 있고, 이들 항생제 내성균 또는 내성 유전자가 사람에게로 전달될 경우 공중 보건학적으로 심각한 문제가 된다(Normand 등, 2000; Phillips 등, 2004).

야생동물에서 항생물질 내성세균은 야생조류에서 1975년 비둘기에서 대장균이 최초로 분리 보고 되었고(Sato 등, 1978) 그 후 야생조류에서 분리한 항생제 내성 대장균의 보고서는 외국과 국내에서 보고 된 바 있다(Kwak 등, 2006; Cho 등, 2008; Bonnedahl과 Järhult, 2014; Cho 등, 2014; Kim 등, 2020; Ong 등, 2020). 그러나, 사람과 동물에서는 병원성 대장균의 항생제 내성에 관해서는 관심을 가지지만 국내에서는 야생동물의 항생제 내성에 관한 관심은 그렇게 높지 않은 편이다. 도심 주위에 서식하는 야생조류는 우리 주변 환경에서 공생하고 있으므로 사람 및 가축에게 질병을 일으키는 주요 원인으로 작용할 가능성이 많은 매우 밀접한 관계이기 때문에 도심의 조류에서 항생제 내성균의 출현은 동물과 사람 사이에서 내성균 또는 내성 유전자의 교환과 전파를 가능하게 하고 짧은 시간에 먼 거리까지 이동할 수 있어서 항생물질 내성을 확산시키고 전파할 가능성이 있다(Bonnedahl과 Järhult, 2014). 따라서 안심과 달성 습지의 조류와 달성공원의 조류는 사람에게 각종 질병을 매개하는 전염원으로 될 가능성이 높으므로 꾸준한 관리가 필요하다고 본다.

이 연구의 목적은 대구지역 야생조류 분변에서 분리된 대장균을 대상으로 항생제 내성 양상을 조사하고, 또한 약제에 내성을 보인 균주 중 내성이 높은 항생제에 대한 내성 유전자의 보유 현황을 연구하여 항생제 내성균의 확산방지 및 저감을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

균 분리 동정

2019년 12월부터 2020년 3월까지 대구지역 금호강 하류 안심습지와 달성습지 주위에 서식하는 야생조류 분변 472점 및

달성공원 내 사육중인 조류 분변 75점을 채취하여 실험에 공시하였다. 채취한 가검물을 MacConkey agar (Oxoid, UK)에 도달하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 대장균으로 의심되는 집락은 EMB agar (Oxoid, UK)에 도달한 후 37°C에서 18시간 배양한 후 금속성 광택을 나타낸 집락을 선택하여 순수 분리 후 VITEK II compact (BioMerieux, France) 및 MALDI Biotyper (Bruker, Germany) 이용하여 최종 동정하였다.

항생제 내성 시험

항생제에 대한 내성 실험은 VITEK II AST-N169 항생제 카드(BioMerieux, France)를 사용하였다. 순수 분리한 균주를 tryptic soy agar (Oxoid, UK)에 접종하여 37°C에서 18~24시간 배양한 후 0.45% saline에 부유시켜 MacFarland 0.6로 만든 다음 이 균액 145 µL를 새로운 3 mL 0.45% saline에 vortexing하여 VITEK II compact (BioMerieux, France)를 사용하여 항생제 내성 시험을 실시하였다. 사용된 항생제는 ampicillin (AM), amoxicillin/clavulanic acid (AMC), ampicillin/sulbactam (SAM), cephalothin (CF), cefotaxime (CTX), cefotetan (CTT), ceftiofex (FOX), cefazolin (CZ), ceftriaxone (CRO), imipenem (IPM), chloramphenicol (C), gentamicin (GM), amikacin (AN), nalidixic acid (NA), ciprofloxacin (CIP), tetracycline (TE), trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT) 등 17종이다.

Tetracycline 내성 유전자 검사

TE 내성 유전자의 확인을 위한 5종의 primers는 macrogen (Korea)에 의뢰하여 제작하였다(Table 1). 공시균에 대한 ge-

Table 1. Primers and PCR conditions for the detection of tetracycline resistance determinants

Gene	Primers	Annealing temperature (°C)	Fragment size (bp)	Reference
<i>tet</i> (A)	5'-GGCGGTCTTCTTCATCATGC-3' 5'-CGGCAGGCAGAGCAAGTAGA-3'	64	502	17
<i>tet</i> (B)	5'-CATTAAATAGGCGCATCGCTG-3' 5'-TGAAGGTCATCGATAGCAGG-3'	64	930	17
<i>tet</i> (C)	5'-GCTGTAGGCATAGGCTTGGT-3' 5'-GCCGGAAGCGAGAAGAATCA-3'	65	888	17
<i>tet</i> (D)	5'-GGATATCTCACCGCATCTGC-3' 5'-CATCCATCCGGAAGTGATAGC-3'	57	435	13
<i>tet</i> (E)	5'-GTGATGATGGCACTGGTCAT-3' 5'-CTCTGCTGTACATCGCTCTT-3'	52	1,198	33

omic DNA 추출은 boiling법으로 실시하였다. 균을 tryptic soy broth (Oxoid, UK)에 접종하여 37°C에서 18~24시간 진탕 배양하였다. 배양된 균액 1.0 mL를 13,000 rpm에서 2분간 원심분리 하여 상층액을 제거한 다음 멸균 증류수 0.5 mL로 재부유하였다. 균 부유액을 끓는 물에 10분간 가열한 다음 13,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 template DNA로 실험에 사용하였다.

PCR은 Maxime PCR Premix (*i*-StarTag, intron, Korea)를 사용하여 Lanz 등과 Sengeløv 등의 방법에 준하여 실시하였다. 각각의 primer 1 µL와 template DNA 2 µL를 넣은 후 멸균된 증류수를 혼합하여 최종 20 µL로 하였으며, UNOII thermal cycler (Biometra, Germany)로 PCR을 수행하였다. PCR 반응조건은 초기 denaturation시킨 후, denaturation,

annealing, extension의 과정을 반복하여 최종 extension을 실시하였다. 증폭된 PCR 산물은 전자동 전기영동장치(QIAxcel Advanced system, Netherlands)를 이용하여 확인하였다.

결 과

대장균 검출

안심과 달성 습지주변 야생조류 분변에서 대장균 59주와 달성공원 내 사육중인 조류의 분변으로부터 대장균 39주가 분리되어 총 98주의 대장균을 분리하여 대장균 검출률은 17.9%로 Table 2와 같다.

항생제 내성 시험 결과

분리된 대장균 98주에 대한 AM 등 17종에 대한 항생제에 대하여 내성 시험을 실시한 결과는 Table 3과 같이 TE에 대한 내성률이 27.6%로 가장 높았으며 그 다음 AM이 21.4%순이었다. 한편 NA, CF, C, SAM에 대해서는 10.2~17.3%의 내성률을 나타내었고 AMC, GM, FOX, CTX, CRO, SXT 및 CZ에 대해서

Table 2. Prevalence of *E. coli* from 547 feces of wild birds in Daegu

Classification	No. of samples	No. of isolates (%)
Ansim & Dalseong swamp	472	59 (12.5)
Dalseong park	75	39 (52.0)
Total	547	98 (17.9)

Table 3. Antimicrobial resistance of 98 *E. coli* isolates

Classification	Antimicrobial drugs ^a	No. (%) of resistant strains		
		Ansim & Dalseong swamp (59) ^b	Dalseong park (39)	Mean (98)
Penicillins	AM	11 (18.6)	10 (25.6)	21 (21.4)
	SAM	10 (16.9)	7 (17.9)	17 (17.3)
	AMC	2 (3.4)	0 (0.0)	2 (2.0)
Cephems	CZ	8 (13.6)	3 (7.7)	5 (5.1)
	CF	12 (20.3)	0 (0.0)	12 (12.2)
	CTT	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	FOX	3 (5.1)	0 (0.0)	3 (3.1)
	CTX	3 (5.1)	0 (0.0)	3 (3.1)
	CRO	3 (5.1)	0 (0.0)	3 (3.1)
	Carbapenems	IPM	0 (0.0)	0 (0.0)
Aminoglycosides	GM	2 (3.4)	0 (0.0)	2 (2.0)
	AN	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	Tetracyclines	TE	13 (22.0)	14 (35.9)
Quinolones	NA	7 (11.9)	3 (7.7)	10 (10.2)
	CIP	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Sulfonamides	SXT	4 (6.8)	2 (5.1)	4 (4.1)
Phenicols	C	5 (8.5)	9 (23.1)	14 (14.3)

^aAM, ampicillin; SAM, ampicillin/sulbactam; AMC, amoxicillin-clavulanic acid; CZ, cefazolin; CF, cephalothin; CTT, cefotetan; FOX, cefoxitin; CTX, cefotaxime; CRO, ceftriaxone; IPM, imipenem; GM, gentamicin; AN, amikacin; TE, tetracycline; NA, nalidixic acid; CIP, ciprofloxacin; SXT, trimethoprim/sulfamethoxazole; C, chloramphenicol.

^bFigures in parentheses indicated the number of strains tested.

Table 4. Multiple drug resistance patterns of in 98 *E. coli*

Resistance patterns	No. of isolates	Multiple drug resistance (%)
None	54	(55.1%)
CF	6	18 (18.4%)
AM	2	
TE	7	
NA	3	
AM-TE	1	6 (6.1%)
TE-NA	2	
TE-C	3	
AM-SAM-TE	3	6 (6.1%)
AM-SAM-SXT	1	
GM-NA-C	1	
NA-TE-SXT	1	
AM-SAM-GM-NA	1	8 (8.2%)
AM-SAM-TE-C	7	
AM-AMC-SAM-CZ-CF-FOX	1	2 (2.0%)
AM-CZ-CF-FOX-CTX-CRO	1	
AM-SAM-CF-NA-TE-SXT-C	1	1 (1.0)
AM-SAM-AMC-CZ-CF-FOX-NA-SXT	1	3 (3.1%)
AM-SAM-CZ-CF-CTX-CRO-TE-C	2	

는 각각 2~5.1%의 낮은 내성률의 결과를 보였다. 한편 CTT, IPM, AN, CIP에 내성인 균주는 한주도 없었다. 공원과 습지 유래 대장균은 TE에 대한 내성률이 각각 35.9%와 22.0%로 나타났다. 공원 유래의 대장균은 습지 유래 분리균에 비해 TE, AM, C에 높은 내성을 나타내었으며 반면 CF, CZ에는 더 낮은 결과를 보였다. 공시균에 대한 다제 내성 유형은 Table 4와 같다. 분리균 98주 중 44주(44.9%)가 한 종류 이상의 항생제에 내성을 나타내었고, 이 중 14주(14.3%)는 4종류 이상의 항생제에 내성을 나타내었다. 더욱이 3주(3.1%)는 8종 이상의 항생제에 내성을 보였다.

Tetracycline 내성 유전자 검사

TE 항생제에 내성을 나타낸 27주를 대상으로 *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* 및 *tetE* gene 등 5종의 *tet* gene의 보유현황을 실시한 결과는 Table 5와 같다. TE에 내성을 보인 27주는 모두 한 가지 이상의 *tet* gene을 보유하고 있는 것으로 나타났다. *tetA* gene은 16주(59.3%), *tetB* gene은 2주(7.4%)에서 검출되었고 *tetC*, *tetD*, *tetE* gene은 한 주도 검출되지 않았다. 또 *tetA*, *tetB* gene이 동시에 있는 것은 9주 검출되었다.

Table 5. Tetracycline resistance determinants of 27 tetracycline-resistant *E. coli* isolates

Tetracycline resistance determinants	No. of isolates (%)
<i>tetA</i>	16 (59.3)
<i>tetB</i>	2 (7.4)
<i>tetC</i>	0 (0.0)
<i>tetD</i>	0 (0.0)
<i>tetE</i>	0 (0.0)
<i>tetA+B</i>	9 (33.3)

고 찰

본 실험은 2019년 12월부터 2020년 3월까지 대구지역 안심 등 습지의 야생조류와 달성공원 내 사육 중인 조류 분변 547건을 채취하여 대장균의 검출률을 조사하였고, 대장균에 대한 항생제 내성검사를 실시하였다. 야생조류 분변에서 총 98주(17.9%)의 대장균이 검출되었고, 달성공원에서는 39주(52.0%), 습지에서는 59주(12.5%)가 분리되었다. 대구지역 금호강 수생조류의 분변에서 Cho 등(2008)의 대장균 검출률 30.9%, Kim 등(2015)의 서울지역 야생조류 분변에서 50.8%의 대장균의 검출은 본 성적보다 높은 결과를 나타내었다. 또 싱가포르 야생조류에서의 27.1% 대장균 검출률(Ong 등, 2020)과 미국의 야생조류에서 대장균 검출률 67.0% (Fallacara 등, 2001), 브라질의 야생조류에서 대장균균 검출률 93.0% (Shobrak와 Abo-Amer, 2014)의 다양한 결과를 나타내었다. 이것은 야생조류의 품종이나 시료채취의 계절과 바람 등의 여러 가지 환경 요인에 따라 달라질 것이라고 생각된다. 이번 실험에서 공원 내 대장균의 검출률은 52.0%로 습지에서의 12.5%보다 높게 나타나 Kim 등(2015)의 하천 지역보다 공원 지역에서 대장균이 높게 분리된 점과 일치하였다. 이것은 공원 내의 시료채취가 앞에서 언급한 환경요인 등에 영향을 적게 받은 결과이다.

이번 실험에서 분리한 대장균 98주에 대한 항생제 감수성 시험을 한 결과 가장 높은 내성을 보인 항생제는 TE로 27주(27.6%)가 내성을 나타내었고, 그 다음으로 22주(21.4%)가 AM에 내성을 보였다. 한편 CTT, IPM, AN, CIP에 내성인 균주는 한주도 없었다. TE에 가장 높은 내성률을 나타낸 것은 폐수 등 환경요인, 사람, 가축, 축산물 등 유래 대장균에서 TE에 가장 높은 내성을 나타낸 여러 보고들과 일치하였다(Sung 등, 2008; Kim 등, 2009; Yoo 등, 2010; Tadesse 등, 2012; Huh 등, 2013; Lim 등, 2014; Kim 등, 2020). 또 C, AM 및 TE에 대한 공원 유래 대장균의 내성률(23.1~35.9%)이 습지 유래 대장균

의 내성률(8.5~22.07%) 보다 높게 나타났다. 반면 cepheims 계열 약제에 대해서는 습지 조류 유래 대장균이 공원보다 내성이 높게 나타났고 모든 항생제에 대해 전반적으로 내성의 경향을 띠지만 반면 공원 조류 유래는 특정 항생제에 대해서만 내성을 띠었다. 이것은 공원에 사육중인 조류가 습지에 서식하는 조류보다 사육 중에 항생제 치료 등으로 인해 항생제 등에 노출될 기회가 많기 때문이다. 항생제에 노출될 기회가 거의 없을 것 같은 습지 야생조류에서의 항생제에 대한 내성은 도심 주위의 내성균에 오염된 폐수, 먹이, 환경 등 때문인 것으로 사료되며 Cole 등(2005)은 오염된 주위 환경에 노출된 야생거위에서 항생제 내성률이 높게 나타난다고 보고하였다.

Kim 등(2020)이 까치 분변에서 3종 이상의 항생제에 대해 내성을 가진 대장균을 보고 하였는데 TE에 가장 높은 내성률 40%를 그 다음으로 AM에 대한 30%의 내성률로 본 성적보다는 내성률이 조금 높았고, Kwak 등(2006)이 낙동강 하류에 서식 중인 야생조류 유래 대장균에 대한 항생제 감수성 결과 TE에 가장 높은 내성률 40.5%를 나타내고 AN에 모두 내성을 나타내지 않은 것도 본 결과와 일치하였다. 반면 AM에 8.9% 내성을 나타낸 결과는 차이를 보였다.

또 Kim 등(2015)이 야생조류 분변 유래 대장균에 대한 항생제 내성 검사를 실시한 결과 CF가 98.2%, AM이 89.7%의 내성률을 나타내었고, Cho 등(2008)은 2005년부터 2006년까지 대구지역 수생조류 분변에서 분리된 대장균에 대한 항생제 내성을 검사한 결과 TE 45%, CF 41.4%, AM 36.7%, SXT 26.6%의 내성률을 나타내어 두 연구에서 높은 내성률을 보인 항생제가 본 성적에서는 비록 내성률이 낮았지만 내성을 나타낸 항생제는 동일함을 확인 하였다. 또, Ong 등(2020)이 싱가포르 야생조류 유래 대장균에서 항생제 내성률을 AM에 73.1%, TE에 34.6%로 본 실험과 내성률은 차이가 있지만 내성을 나타낸 항생제의 종류는 동일 한 것으로 보고하였다.

본 실험에 나타난 결과를 Lim 등(2014)이 보고한 정상적인 건강한 닭에서 분리한 대장균에 대한 항생제 내성률과 비교해 볼 때 TE가 77.8%, AM이 66.3%로 본 실험보다 매우 높은 결과를 나타내어 아직까지는 야생조류에서의 내성률이 가축보다는 낮은 수준임을 확인하였다. 한편 정상 닭에서 NA의 내성률은 90.9%로 본 실험의 0%인 결과와 정반대로 나타났다. 또 Lee 등(2005)은 정상적인 닭 분변 유래 장구균과 포도알균에서 50% 이상이 내성을 나타내는 항생제는 E, TE로 결과를 보고하였는데 특히 TE에 대해 95.5%~98.4%의 높은 내성률로 본 실험보다 높은 결과를 나타내었다. E, TE의 두 항생제는 사료첨가제 등으로 오랜 기간 국내에서 많이 사용되었기 때문이라고 추측 할

수 있으며 2008년 이후로 배합사료 내 항생제 첨가가 전면 금지 되었지만 치료용으로 항생제를 무분별하게 계속 사용하기 때문에 항생제 내성균주의 출현은 계속 되어 국내 가축에서의 항생제 내성 문제는 심각한 수준인 것을 시사해준다. 한편 병원성유래 닭 유래 대장균으로 Kim 등(2009)은 E, TE에 각각 97.1%, 85.3%의 매우 높은 내성률을 보고하였다. 닭에서 유래한 병원성 대장균에 대한 Lee 등(2005)과 Lim 등(2014)의 성적과 병원성 대장균의 Kim 등(2009)의 항생제 내성 양상은 별반 차이를 보이지 않는 것으로 보아 아직도 농장 내 상당기간 동안 내성균이 존재하고 있는 것으로 추측되어 진다.

야생조류 유래 대장균은 아니지만 Lee 등(2020)이 서울 동물원의 동물 유래 클로스트리듐균에 대한 항생제 검사 결과로 GM(87%)이 가장 높은 내성을 나타내었고 그 다음으로 AN(80%)이 내성을 나타내었다. 비록 같은 균에 대한 약제 내성 시험은 아니지만 본 실험의 달성공원에서 분리된 대장균에서는 GM과 AN에 전혀 내성을 나타내지 않은 결과로 보아 동물원 및 동물의 종류마다 사용하는 항생제가 다를 뿐만 아니라 균종마다 획득하는 내성이 다르기 때문 인 것으로 여겨진다. 또 말 유래 대장균에 대한 항생제 감수성 시험을 한 결과에서 TE가 가장 높은 내성을 띠었지만 내성률은 아주 낮은 9.4%로 본 실험보다 낮은 결과를 보였고 반면 CIP에 감수성 100%인 결과는 본 연구와 일치하였다(Yun 등, 2010).

이번 실험에서 1종 또는 그 이상의 항생제에 내성을 띤 공시균은 44.9%로 2008년에 Cho 등이 보고한 금호강 및 달성공원 유래 대장균에 대한 다제 내성균 70.4% 보다 낮게 나타난 점은 그동안 우리나라가 배합사료 내 항생제의 첨가를 전면 금지시키고 수의사 처방제를 실시하고 농장 내 무분별한 항생제 사용을 억제하는 정책에 효과가 긍정적인 결과를 나타낸 것이 아닌가 생각해본다. 다른 야생조류 유래 대장균의 다제 내성률과 비교해 보면 Kwak 등(2006)의 59.5%, Kim 등(2020)의 60%, Ong 등(2020)의 80.8%보다 낮은 성적을 보였다. 또 이번 항생제 감수성 실험의 결과에서 3종 이상의 다제 항생제 내성균은 20.4%로 Kim 등(2020)의 까치유래 대장균에서 20%의 결과와 유사하였고, Lim 등(2014)의 닭에서 86.1%보다는 낮은 결과를 보였다. 또 Kwak 등(2006)의 5종이상의 약제에 내성을 가진 다제 내성균은 3.8%로 본 실험의 결과 6.12%보다 낮았다.

Kim 등(2006)이 건강한 일반인으로부터 분리한 대장균에서의 다제내성률은 68.3%로 본 실험의 결과 보다 높게 나타나 아직은 야생조류보다 사람에서의 항생제 남용이 더 심각함을 알 수 있다. 또 건강한 일반인과 설사환자로부터 분리한 대장균으로 항생제 검사를 한 성적이 일반인과 환자에 각각 TE에 46.6%,

47.2% AM에 41.1%, 66.9%의 내성을 나타내어 일반인보다 설사환자로부터의 내성이 조금 높게 나타났다. 이것은 건강한 닭에서 TE에 대한 내성률이 77.8%인 Lim 등(2014)의 결과보다 Kim 등(2009)의 병원성 닭에서 85.3%로 높게 나타난 것과 같은 맥락의 결과를 보였다. 즉 사람과 동물에서 건강한 군보다 환자 군에서 내성이 더 높게 나타난 것은 당연한 결과지만 본 실험의 TE와 AM에 가장 높은 내성을 나타낸 결과가 사람에서도 내성이 높게 나타난 것은 사람, 가축, 야생동물, 환경 등에서 내성균 또는 내성 유전자의 교환과 전파가 이루어진다는 것을 알 수 있다(Guardabassi 등, 2004).

한편 미국에서 1950년부터 2002년까지 사람과 가축에서 분리한 대장균의 AM, SXT 및 TE에 가장 높은 내성을 보고하였고 다제 내성균은 1950년 7.2%에서 2000년에 63.6%로 급증한 것을 보면 내성률이 얼마나 폭증했는지 실감이 날 뿐만 아니라 또 다른 항생제내성균이 발생하는 것은 시간 문제 인 것 같은 생각이 든다(Tadesse 등, 2012).

이번 실험에서 분리된 대장균 중 TE에 내성을 가진 균주를 대상으로 TE 내성 유전자 중 국내에서 가장 분리가 많이 되는 *tetA*, *B*, *C*, *D*, *E*의 검출을 실시한 결과 *tetA* 유전자가 16주(59.3%), *tetB*가 2주(7.4%)로 확인되어 Cho 등(2014)과 Kim 등(2009)의 *tetA* 유전자가 많은 결과와 일치하였다. 또 Kim 등(2020) 까지분변에서 분리된 대장균에서 *tetA* 20%, *tetC* 와 *D*는 분리되지 않은 결과는 본 성과 일치하였고 반면 *tetE*가 10% 분리된 것만은 다른 결과를 보였다. Ong 등의 야생조류 대장균에서는 *tetA*, *B*만 분리되어 본 실험의 결과와 일치하였다.

이번 연구의 결과 조류에서 유래한 대장균에서 다양한 항생제 내성의 결과가 나타났고, 도심 주변에서 서식하는 야생조류의 항생제 내성은 조류의 이동성, 환경요인 등으로 인해 사람에게 항생제내성 인자를 전달 할 수 있으므로 지속적인 모니터링이 필요하다고 생각된다.

결론

대구지역 야생조류에서 분리된 대장균 98주(안심 등 습지 59주, 달성공원 39주)에 대한 AM 등 17종의 항균제에 대하여 내성양상을 비교 조사하는 한편 항생제 내성률이 가장 높은 TE 내성균 27주에 대해서는 *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD* 및 *tetE* gene 등 5종의 *tet* gene의 보유현황을 조사한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

항생제 감수성 시험 결과 TE에 27.6%와 AM에 21.4%의 내성률을 나타내었고 나머지 항생제에 대해서는 20% 미만의 내성률

을 나타내었다. 반면 IPM, AN, CIP, CTT에 내성인 균주는 없었다. TE에 내성을 나타낸 공시균 모두가 하나 또는 그 이상의 *tet* gene을 보유하고 있었고, 이들 중 *tetA* gene 16주(59.3%), *tetB* gene 2주(7.4%), *tetA+B* gene 9주(33.3%)로 나타났다. 도심 주위의 야생조류는 짧은 시간 내에 먼 거리를 이동하는 특성으로 오염된 환경 등에 의한 항생제 내성균의 전파에 중요한 역할을 한다는 것을 고려할 때 이들 도심 주변 야생조류 서식지 주변의 환경 시료에 대한 보다 철저한 관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Kyung-Hee Kim, <https://orcid.org/0000-0002-4698-8953>

Hyun-Suk Lim, <https://orcid.org/0000-0002-1701-3241>

Jung-Woo Lee, <https://orcid.org/0000-0002-1808-6047>

Dae-Hyun Park, <https://orcid.org/0000-0003-3732-0238>

Chang-Ryoul Yang, <https://orcid.org/0000-0002-7006-3918>

Jae-Keun Cho, <https://orcid.org/0000-0003-3498-8101>

REFERENCES

- Bonnedahl J, Järhult J. 2014. Antibiotic resistance in wild birds. *Ups J Med Sci* 119(2): 113-116.
- Cho JK, Kim HD, Kwon SH, Kim JH, Jang SI, Park CK, Kim KS. 2014. Prevalence of antimicrobial resistance and integrons in extended-spectrum B-lactamases producing *Escherichia coli* isolated from Nakdong and Gumbo river. *Korean J Vet Res* 37(1): 19-27.
- Cho JK, Lee SM, Kim KS. 2008. Antimicrobial resistance and distribution of tetracycline resistance determinants in *Escherichia coli* isolated from aquatic birds. *Korean J Vet Res* 48(3): 295-303.
- Cole D, Drum DJ, Stallknecht DE, White DG, Lee MD, Ayers S, Sobsey M, Maurer JJ. 2005. Free-living Canada geese and antimicrobial resistance. *Emerg*

- Infect Dis 11: 935-938.
- Fallacara DM, Monahan CM, Morishita TY, Wack RF. 2001. Fecal shedding and antimicrobial susceptibility of selected bacterial pathogens and a survey of intestinal parasites in free-living waterfowl. *Avian Dis* 45: 128-135.
- Huh MJ, Oh SS, Jang JS. 2013. Antimicrobial resistance and multi-drug resistance patterns of pathogenic bacteria isolated from food poisoning patients in Incheon. *Korean J Food & Nutr* 26(1): 132-136.
- Hwang IJ, Park DS, Chae HB, Kim ES, Yoon JH, Rajalingam N, Choi SV, Kim SR. 2020. Microbiological Quality and Antibiotic Susceptibility of *E. coli* Isolated from Agricultural Water in Gyeonggi and Gangwon Provinces. *Korean J Environmental Agriculture* 2020. 39(4): 343-351.
- Kim HD, Park DH, Lee MR, Kim EJ, Cho JK. 2014. Characterization of cefotaxime-resistant *Escherichia coli* isolated from wastewater treatment plant in Daegu. *Korean J Vet Serv* 37: 225-231.
- Kim HR, Kim NH, Park HS, Kim YS, Lee JH. 2015. Antimicrobial resistance pattern and distribution of virulence-associated genes and serotypes of pathogenic *Escherichia coli* isolated from feces of wild birds in Seoul. *Report SIHE* 51: 170-179.
- Kim HT, Jung KT, Lee DS, Lee KW. 2009. Study on Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from domestic beef on sale. *Korean J Vet Serv* 32(1): 93-102.
- Kim JH, Oh BY, Gong YW, Kim HY, Lee My, Koh YJ, Hwang KW, Lee JM. 2006. The trend of antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from healthy volunteers of community and hospital patients in Incheon. *Korean J Microbiol* 42: 252-256.
- Kim MS, Kwon HM, Sung HW. 2009. Antibiotic resistance pattern of avian pathogenic *Escherichia coli* isolated from chickens. *Korean J Vet Res* 49: 195-200.
- Kim YW, CC, Piotr G Jablonski, Lee SI. 2020. Detection of antibiotic-resistant *Escherichia coli* from feces of the Oriental magpie nestlings. *Korean J Omi* 27(1): 3-9.
- Kwak HJ, Lee WW, Kim JH, Chung KT, Woo BG, Lee GR, Lee DS. 2006. The antimicrobial susceptibility and plasmid profile of *Escherichia coli* from wild birds. *Korean J Vet Res* 29(1): 37-463.
- Lanz R, Kuhnert P, Boerlin P. 2003. Antimicrobial resistance and resistance gene determinants in clinical *Escherichia coli* from different animal species in Switzerland. *Vet Microbiol* 2: 73-84.
- Lee HN, Yeo YG, Ahn SJ, Kim JT. 2020. Analysis of the anti-microbial susceptibility of *Clostridium* isolated on clinical specimens from captive wild animals in Seoul Zoo. *Korean J Vet Serv* 43(1): 31-37.
- Lee IH, Kim SK, Choi YH, Kim JS. 2006. Distribution and characteristics of coliform bacteria in groundwater of Yeungnam. *Korean J Microbiol* 42(2): 95-102.
- Lee JK, Lee YK, Yuk YS, Kim GY. 2017. convergence study of antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from Cheonho reservoir in Cheonan. *J Kor convergence society* 8: 141-149.
- Lee YJ, Kim AR, Jung SC, Song SW, Kim JH. 2005. Antibiotic resistance pattern of *Enterococcus spp. Staphylococcus aureus* isolated from chicken feces. *Korean J Vet Res* 45(2): 163-168.
- Lim SK, Nam HM, Moon DC, Jang GC, Jung SC. 2014. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from healthy animal during 2010-2012. *Korean J Vet Res* 54(3): 131-137.
- Nataro JP, Boop CA, Fields PI, Kapper JB, Strockbine NA. 2007. 9. pp. 670-687. In: Murray PR, Baron EJ, Jorgensen JH, Landry ML, Pfaller MA(eds). *Manual of Clinical Microbiology*. ASM press, Washington DC.
- Normand EH, Gibson NR, Taylor DJ, Carmichael S, Reid SW 2000. Trends of antimicrobial resistance in bacterial isolates from a small animal referral hospital. *Vet Rec* 146: 151-155.
- Ong KH, Khor WC, Quek JY, Low ZX, Arivalan S, Humaidi M, Chua C, Seow KL, Guo S, Tay M, Schlindt J, Ng LC, Aung KT. 2020. Occurrence and antimicro-

- bial resistance traits of *Escherichia coli* from wild birds and rodents in Singapore. *Int J Environ Res Public Health* 17(15): 5606.
- Phillips I, Casewell M, Cox T, De Groot B, Friis C, Jones R, Nightingale C, Preston R, Waddell J. 2004. 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.
- Sengeløv G, Halling-Sorensen B, Aarestrup FM. 2003. Susceptibility of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecium* isolated from pigs and broiler chickens to tetracycline degradation products and distribution of tetracycline resistance determinants in *E. coli* from food animals. *Vet Microbiol* 29: 91-101.
- Shobrak MY, Abo-Amer A. 2014. Role of wild birds as carriers of multi-drug resistant *Escherichia coli* and *Escherichia vulneris*. *Braz J Microbiol* 45(4): 1199-1209.
- Sung MS, Kim JH, Cho JK, Seol SY, Kim KS. 2008. Antimicrobial resistance and transfer of R plasmid of pathogenic *Escherichia coli* isolated from poultry in Korea. *Korean J Vet Res* 48(3): 275-285.
- Swayne DE, Boulianne M, Logue CM, McDougald LR, Nair V, Suarez DL. 2020. pp. 770-830. In: Swayne DE. *Diseases of Poultry*. 14th ed. Markono Print Media Pte Ltd, Singapore.
- Tadesse DA, Zhao S, Tong E, Ayera S, Singh A, Bartholomew MJ, Mcdermott PF. 2012. Antimicrobial drug resistance in *Escherichia coli* from humans and food animals, United states, 1950-2002. *Emerg Infect Dis* 18(5): 741-749.
- Yoo YA, Kim MS, Kim KS, Park SH, Jung SK. 2010. Antimicrobial resistance and implicated genes of *Escherichia coli* isolated from commercial and cooked foods in Seoul. *J FD Hygi Safety* 25(3): 220-225.
- Yun SW, Kwon DY, Choi SK, Lee HS, Cho GJ. 2010. Characteristics and antimicrobial susceptibility of *Escherichia coli* isolated from horse. *Korean J Vet Res* 50(3): 231-237.