



2018-2020년 한 전문검사센터 요 배양에서 분리된 세균 균종 및 항균제 감수성

곽병학¹ · 홍정미¹ · 배혜경¹ · 박윤수² · 이미경¹ · 이경원^{1,3} · 이경률¹

서울의과학연구소¹, 연세대학교 의과대학 용인세브란스병원 감염내과², 연세대학교 의과대학 진단검사의학교실 세균내성연구소³

Microorganisms Isolated from Urine Cultures and Their Antimicrobial Susceptibility Patterns at a Commercial Laboratory during 2018-2020

Byeonghak Kwak¹, Jungmi Hong¹, Hye Gyung Bae¹, Yoon Soo Park², Mi Kyeong Lee¹, Kyungwon Lee^{1,3}, Kyoung Ryul Lee¹

Seoul Clinical Laboratories¹, Department of Infectious Diseases, Yongin Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine², Yongin, Department of Laboratory Medicine and Research Institute of Bacterial Resistance, Yonsei University College of Medicine³, Seoul, Korea

Received January 28, 2022

Revised June 2, 2022

Accepted June 3, 2022

Corresponding author:

Hye Gyung Bae

E-mail: hyegyung_bae@scclab.

co.kr

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6399-9091>

Background: Antimicrobial resistance of bacterial pathogens that cause urinary tract infections is a leading concern in Korea. This study analyzed the urine culture results and antimicrobial susceptibility trend in different types of healthcare facilities including long-term care hospitals. The aim of the study was to derive relevant information for the empirical treatment of patients with antibiotics.

Methods: We analyzed the species and antimicrobial susceptibility of the isolates from urine cultures received at the Seoul Clinical Laboratories from 2018 to 2020. Organisms were identified using Microflex MALDI Biotyper (Bruker Daltonik GmbH, Germany). Antimicrobial susceptibility was tested using the Vitek 2 automated system (bioMérieux, France).

Results: The most frequently isolated organism was *Escherichia coli*. In general and small and medium sized hospitals, *Enterococcus faecalis* was the next most frequently isolated organism. In long term care hospitals (LTCH), *Proteus mirabilis* was the next most frequently isolated organism. A total of 37-70% of *E. Coli*, 51-76% of *Klebsiella pneumoniae*, and 52-85% of *P. mirabilis* strains were cefotaxime resistant. The incidence of fluoroquinolone-resistant isolates for the aforementioned strains was 48-86%, 51-83%, and 60-95% respectively. A total of 8-22% of isolates of *K. pneumoniae* were carbapenem-resistant. The incidence of carbapenem resistant *K. pneumoniae* in LTCH increased sharply from 8% in 2018 to 38-40% in 2020. The incidence of glycopeptide-resistant *E. faecalis* was 27-80%.

Conclusion: This study demonstrated that the use of fluoroquinolones and β -lactam antibiotics recommended for empirical antibiotic therapy was limited considering the high prevalence of antibiotic resistant organism. Antimicrobial stewardship programs and infection control programs may also play an important role considering the high prevalence of antimicrobial-resistant organisms especially in LTCH.

Key Words: Antimicrobial resistance, Long-term care hospital, Urine culture



Introduction

요로감염은 호흡기 감염 다음으로 사람에게 가장 흔한 감염병 중 하나이며 지역사회에서 흔하게 발생하는 감염질환이다[1]. 여성의 경우 40-50%에서 일생 동안 최소 한번은 요로감염을 경험하는 것으로 알려져 있으며 그 중 상당수는 반복적으로 감염된다[2]. 이러한 요로감염은 높은 유병률과 이환율로 항균제 사용의 빈도가 매우 높은 실정이며[3], 2014년도 세계보건기구의 전 세계적인 감시 보고서에서도 요로감염의 주요 원인균에서 cephalosporin계와 fluoroquinolone계 항균제에 대한 내성 증가가 세계 보건에 심각한 문제점으로 제기되었고 우리나라도 이에 대한 대책이 필요한 실정이다[4].

국내에서도 내성균 확산을 억제하기 위해서 국내 항균제 내성 현황을 파악하고 그 변화를 감시하기 위한 다양한 형태의 감시 체계가 구성 운영되고 있다. Kor-GLASS (Global antimicrobial resistance surveillance system in Korea)는 종합병원 및 요양병원, KARMS (Korean antimicrobial resistance monitoring system)는 중소병원 및 요양병원, KONIS (Korean national health-care-associated infections surveillance system)는 종합병원의 중환자실을 주 감시대상으로 하고 있다[5]. 이러한 항균제 감수성 자료들을 조사하는 것은 경험적 항균제 선택에 유용한 정보를 제공하며 내성균의 확산을 막기 위한 정책 수립의 기초 자료가 된다[6].

그러나 요양병원을 포함한 의료기관 종별 요배양 분리 균종과 그 항균제 감수성에 관한 자료는 흔하지 않다. 이에 본 연구에서는 최근 3년간 한 전문검사센터에 의뢰된 요배양에서 분리된 흔한 세균과 주요 세균에 대한 항균제 감수성 시험 결과를 연도별, 의료기관 종별로 분석하여 요로 감염증 치료의 기본 자료로 제공하고자 하였다.

Materials and Methods

2018년부터 1월부터 2020년까지 12월까지 3년 동안 한 전문검사센터에 의뢰된 요 배양 및 항균제 감수성 시험 결과를 분석하였다. KARMS [7]에서 사용된 의료기관 종별 분류에 따라 종합병원은 100명상 이상, 중소병원은 30명상 100명상 미만, 의원은 30명상 미만의 의료기관으로 구성되었다. 본원에 요배양을 의뢰한 병의원은 종합병원 56개, 중소병의원 755개 및 요양병원 142개로, 지역별로는 서울 경기, 강원, 충청, 경상, 전라 및 제주 지역에서 각

각 17, 5, 4, 23, 4, 3개 종합병원, 252, 46, 79, 286, 80, 12개 중소병의원 및 38, 7, 13, 62, 18, 4개 요양병원에서 의뢰되었다. 요 검체의 68%는 요배양 전용용기 (BD Vacutainer® Plus C&S preservative tube, BD, USA)로 의뢰되었고 나머지는 멸균용기로 의뢰되었다.

요 배양은 5% 면양 혈액 한천과 MacConkey 한천에 0.001 mL를 접종 후 하루밤 배양하여 10^4 CFU/mL 이상 증식한 균종을 대상으로 MALDI TOF MS Biotyper (Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Germany)를 이용하여 동정하였다. 두가지 균종 이하는 모두, 세 종류 이상이 증식한 경우는 가장 우세한 균종만을 동정하였다.

항균제 감수성은 VITEK 2 (bioMerieux, Marcy-l'Etoile, France)장비를 사용하여 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute)의 기준에 따라 판독하였다[8-10]. 시험 균종은 KARMS [7]에서 다룬 주요 원인균 10종을 대상으로 하였고, 그 중 흔한 6종, 즉 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* 및 *Enterococcus faecium*의 항균제 감수성을 분석하였다.

상기 6균종에 대한 의료기관 종별 항균제 내성을 비교를 위해서 카이제곱검증을 시행하였고 P 값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 평가하였다. 통계 분석에는 SPSS 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다.

Results

1. 요 배양 분리 세균의 분포

요 배양 분리 세균 중에 *E. coli* (62.2%)가 가장 많았고, 두 번째로 *E. faecalis* (9.1%), 그 다음으로 *K. pneumoniae* (8.8%), *E. faecium* (6.6%), *P. mirabilis* (6.5%) 및 *P. aeruginosa* (5.7%) 순이었다(Table 1). 가장 흔한 *E. coli*는 종합병원과 중소병의원에서는 60% 이상으로, 요양병원에서는 36.4%로 가장 많았다. 종합병원에서는 *E. faecalis*와 *K. pneumoniae*가, 중소병의원에서는 *E. faecalis*와 *P. mirabilis*가 그 다음으로 많았고, 요양병원에서는 *P. mirabilis*와 *E. faecium*이 많았다.

2. 그람음성 막대균의 항균제 감수성

*E. coli*의 cefotaxime 내성률은 종합병원, 중소병의원 및

Table 1. Bacteria isolated from urine cultures from 2018 to 2020 according to type of healthcare facilities

Bacteria	Number (%) of isolates			
	GH	SMH	LTCH	Total
<i>Escherichia coli</i>	20,398 (63.7)	52,620 (65.6)	4,397 (36.4)	77,415 (62.2)
<i>Enterococcus faecalis</i>	3,002 (9.4)	7,568 (9.4)	789 (6.5)	11,359 (9.1)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2,816 (6.4)	6,936 (5.5)	1,214 (10.0)	10,966 (8.8)
<i>Enterococcus faecium</i>	2,465 (4.6)	4,085 (2.5)	1,658 (13.7)	8,208 (6.6)
<i>Proteus mirabilis</i>	1,510 (4.7)	4,782 (6.0)	1,837 (15.2)	8,129 (6.5)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,827 (5.7)	3,854 (4.8)	1,498 (12.4)	7,179 (5.7)
<i>Enterobacter</i> spp.	647 (2.0)	2,067 (2.6)	97 (0.8)	2,811 (2.2)
<i>Citrobacter</i> spp.	505 (1.6)	1,531 (1.9)	218 (1.8)	2,254 (1.8)
<i>Acinetobacter baumannii</i>	306 (1.0)	792 (1.0)	274 (2.2)	1,372 (1.1)
<i>Staphylococcus aureus</i>	322 (1.0)	568 (0.7)	86 (0.7)	976 (0.7)
Total	32,036	80,204	12,068	124,308

Abbreviations: GH, general Hospital; SMH, small and medium-sized hospital; LTCH, long-term care hospital.

요양병원에서 각각 37%, 32% 및 70%로 1,2세대 cephalosporin 계 내성률과 비슷하였고, ceftazidime 내성률은 각각 18%, 15% 및 43%이었다(Table 2). Carbapenem 내성률은 종합병원과 중소병원은 1.0% 미만이었으나, 요양병원은 3%이었다. Fluoroquinolone 내성률은 종합병원과 중소병원은 50% 정도였으나, 요양병원은 80% 이상이었다. Trimethoprim-sulfomethoxazole (SXT) 내성률은 요양병원이 46%로 종합병원과 중소병원에 비하여 약간 높았고, 시험한 모든 항균제에 대한 내성률이 요양병원에서 종합병원과 중소병원보다 유의하게 높았다($P<0.001$).

*K. pneumoniae*의 cefotaxime 내성률은 종합병원, 중소병원 및 요양병원에서 각각 52%, 51% 및 76%이었고, ceftazidime은 각각 44%, 45% 및 70%이었다. Carbapenem 내성률은 종합병원, 중소병원 및 요양병원에서 각각 8%, 16% 및 22%이었고, fluoroquinolone 내성률은 종합병원과 중소병원은 51-58%이었으나, 요양병원은 75-83%로 amikacin을 제외한 모든 항균제에 대한 내성률이 요양병원에서 유의하게 높았다($P<0.001$).

*P. mirabilis*의 cefotaxime 내성률은 종합병원, 중소병원 및 요양병원에서 각각 52%, 57% 및 85%, ceftazidime은 각각 9%, 19% 및 30%이었다. Meropenem 내성률은 0.1%로 낮았다. Fluoroquinolone 내성률은 종합병원과 중소병원은 60% 정도였으나, 요양병원은 90%정도 이었고, SXT 내성률은 요양병원이 68%로 meropenem과 doxycycline을 제외한 항균제의 내성률이 요양병원에서 종합병원과 중소병원보다 유의하게 높았다($P<0.001$).

*P. aeruginosa*의 piperacillin-tazobactam 내성률은

종합병원, 중소병원 및 요양병원에서 각각 54%, 59% 및 69%이었고, ceftazidime 은 각각 52%, 60% 및 63%이었다. Carbapenem 내성률은 종합병원과 중소병원은 58-67%, 요양병원은 70% 이상이었으며, fluoroquinolone 내성률은 64-79%로 *P. aeruginosa*에서도 시험한 모든 항균제에 대한 내성률이 요양병원에서 유의하게 높았다($P<0.001$).

3. 그람양성 알균의 항균제 감수성

*E. faecalis*는 ampicillin에는 대부분 감수성이었으나, penicillin에는 11-33%가 내성이었다(Table 3). Fluoroquinolone 내성률은 종합병원과 중소병원은 각각 41%와 25%이었으나, 요양병원은 74%로 유의하게 높았다($P<0.001$). 한편 vancomycin 내성은 종합병원과 중소병원의원에서는 1% 이하이었으나, 요양병원에서는 14%로 유의하게 높았다($P<0.001$). Nitrofurantoin과 linezolid 내성률은 모두 1% 이하로 낮았다.

*E. faecium*의 ampicillin과 penicillin 내성률은 95% 이상, fluoroquinolone 내성률도 95% 이상이었다. 반면에 tetracycline 내성률은 11-19%이었고, vancomycin과 teicoplanin 내성률은 종합병원과 중소병원의원이 27-55%이었고, 요양병원은 52-80%로 유의하게 높았다($P<0.001$). Nitrofurantoin 내성률은 78-87%로 높았지만, quinupristin-dalfopristin과 linezolid 내성률은 각각 6-9%와 1% 미만이었다.

Table 2. Antimicrobial resistance rate (%) of Gram-negative bacilli from 2018 to 2020 by type of healthcare facilities

Antimicrobial agent	Resistance rate (%)											
	ECO				KPN				PMI			
	GH (n=20,398)	SMH (n=52,620)	LTCH (n=4,397)	GH (n=2,816)	SMH (n=6,936)	LTCH (n=1,214)	GH (n=1,510)	SMH (n=4,782)	LTCH (n=1,837)	GH (n=1,827)	SMH (n=3,854)	LTCH (n=1,498)
Ampicillin	72	69	88	NA	NA	NA	68	69	95	NA	NA	NA
Amoxicillin/clavulanic acid	12	12	24	30	35	54	32	31	42	-	-	-
Piperacillin-tazobactam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	59	69
Cefazolin	41	36	74	54	53	78	64	67	92	-	-	-
Cefuroxime	39	34	72	54	53	77	43	54	75	-	-	-
Cefotaxime	37	32	70	52	51	76	52	57	85	NA	NA	NA
Ceftazidime	18	15	43	44	45	70	9	19	30	52	60	63
Cefepime	9	7	25	30	33	43	17	24	26	54	61	65
Cefoxitin	8	7	15	18	24	34	10	5	12	-	-	-
Aztreonam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	37	48
Imipenem	0.3	0.4	3	8	16	22	NA	NA	NA	61	67	72
Meropenem	0.3	0.4	3	8	16	22	0.1	0.1	0.1	58	64	70
Ciprofloxacin	56	52	86	57	58	83	67	68	95	64	72	79
Levofloxacin	52	48	84	51	52	75	60	63	92	-	-	-
Amikacin	0.5	0.5	2	2	6	4	17	30	48	51	59	62
Gentamicin	30	28	41	30	28	37	53	54	81	53	62	65
Doxycycline	26	27	34	40	41	48	97	97	98	-	-	-
Trimethoprim-sulfamethoxazole	38	39	46	38	40	55	55	56	68	NA	NA	NA

Abbreviations: ECO, *Escherichia coli*; KPN, *Klebsiella pneumoniae*; PMI, *Proteus mirabilis*; PAE, *Pseudomonas aeruginosa*; GH, general Hospital; SMH, small and medium-sized hospital; LTCH, long-term care hospital; NA, not applicable.

Table 3. Antimicrobial resistance rate (%) of Gram-positive cocci from 2018 to 2020 by type of healthcare facilities

Antimicrobial agent	Resistance rate (%)					
	<i>E. faecalis</i>			<i>E. faecium</i>		
	GH (n=3,002)	SMH (n=7,568)	LTCH (n=789)	GH (n=2,465)	SMH (n=4,085)	LTCH (n=1,658)
Ampicillin	1	0.3	1	96	95	97
Penicillin	26	11	33	97	96	98
Ciprofloxacin	41	25	74	96	95	98
Levofloxacin	41	25	74	95	95	98
Tetracycline	89	88	93	12	19	11
Linezolid	0	0.1	0	0.3	0.2	0.2
Quinpristin-dalfopristin	NA	NA	NA	6	8	9
Nitrofurantoin	1	0.5	1	80	78	87
Teicoplanin	0.2	1	11	27	31	52
Vancomycin	0.4	1	14	45	55	80

Abbreviations: GH, general Hospital; SMH, small and medium-sized hospital; LTCH, long-term care hospital; NA, not applicable.

4. 연도별 내성률 추이

지난 3년간 종합병원에서 분리된 *E. coli*의 cefazolin, cefuroxime, cefotaxime 및 fluoroquinolone에 대한 내성률은 3-5%씩 증가하였으나, 중소병의원에서는 특별한 증가가 없었다(Fig. 1). 요양병원에서는 amoxicillin-clavulanate, cefotaxime, ceftazidime 및 carbapenem에 대한 내성률이 3-5%씩 증가하였다. *K. pneumoniae*는 대부분의 시험 항균제에 대한 내성률이 모든 의료기관 종별에서 증가하였는데, 특히 요양병원에서의 carbapenem 내성률이 2018년에는 8%, 2019년에는 16%, 2020년에는 38-40%로 4배 이상 증가하였다. *P. mirabilis*는 종합병원에서 cefotaxime 및 ciprofloxacin의 내성률이 각각 12%와 9% 증가하였다. *P. aeruginosa*의 경우 중소병의원에서의 aztreonam 내성률은 감소하였으나, 그 외의 대부분 시험 항균제에 대한 내성률은 증가하였다.

*E. faecalis*의 fluoroquinolone 내성률은 모든 의료기관 종별에서 증가 추세이었고, 특히 종합병원에서는 2018년 35%에서 2020년 50%로 15% 증가하였다. *E. faecium*은 vancomycin 내성률이 종합병원에서는 10%, 중소병의원에서는 24% 증가하였고, nitrofurantoin 내성률도 각각 7%와 8%씩 증가하였다.

Discussion

본 연구에서는 최근 3년간 한 전문검사센터에 의뢰된 요 배양에서 분리된 흔한 세균과 주요 세균에 대한 항균제 감수성 시험 결과를 연도별과 의료기관 종별로 나누어 내

성률을 분석하였다. 요 배양 분리주 중에 가장 흔한 균종은 *E. coli*였으며 요양병원에서는 타 종류의 기관에 비해 *Proteus* spp.의 비율이 높았다(Table 1). *P. mirabilis*는 척수 손상이나 해부학적 이상이 있는 환자에서의 복합 요로감염에서 흔하고 도뇨관 관련 요로감염을 일으켜서 요양병원 환자에서 흔함이 알려져 있다[11]. 2013-2017년 미국 243개 요양원의 요로감염증 환자에서도 *Proteus* spp. (14%)가 두번째로 흔한 병원균으로 보고되었다[12].

Fluoroquinolone제는 우리나라에서 지역사회 획득 요로감염의 1차약으로 권장되지만[4], 이 약제 내성률은 외국에 비하여 현저히 높았다. 즉, 유럽 6개국 요로감염 환자에서 분리된 *E. coli*의 ciprofloxacin 비감수성률이 평균 15.1% [13], 캐나다에서는 ciprofloxacin 감수성률을 83.0%로 보고하였고[14], 미국 요로 감염균의 ciprofloxacin 감수성률은 *E. coli* 78%, *K. pneumoniae* 95%, *P. mirabilis* 90% 및 *P. aeruginosa* 76%이었던 반면에 [15], 본 연구에서의 fluoroquinolone 내성률은 *E. coli*가 48-86%, *K. pneumoniae* 51-83%, *P. mirabilis* 60-95% 및 *P. aeruginosa* 64-79% 이었다. 따라서 지역사회 내성률이 20% 미만일 경우 경험적 항균제로서 사용을 권장하기 때문에[4], 이들 두 약제는 감수성 시험 결과에 따른 사용이 바람직하겠다.

근래 ESBL 생성 그람음성 막대균의 증가로 cephalosporin제 치료 시 실패율이 높아졌다[4]. 본 연구에서도 cefotaxime 내성이 *E. coli* 32-70%, *K. pneumoniae* 51-76%, *P. mirabilis* 52-85%이었다. Cefotaxime 내성률은 최근 3년 사이 증가하는 추세였고, 특히 ESBL 생성 *E. coli* 중에는 ST131의 지역사회 확산이 적지 않고 일부 균

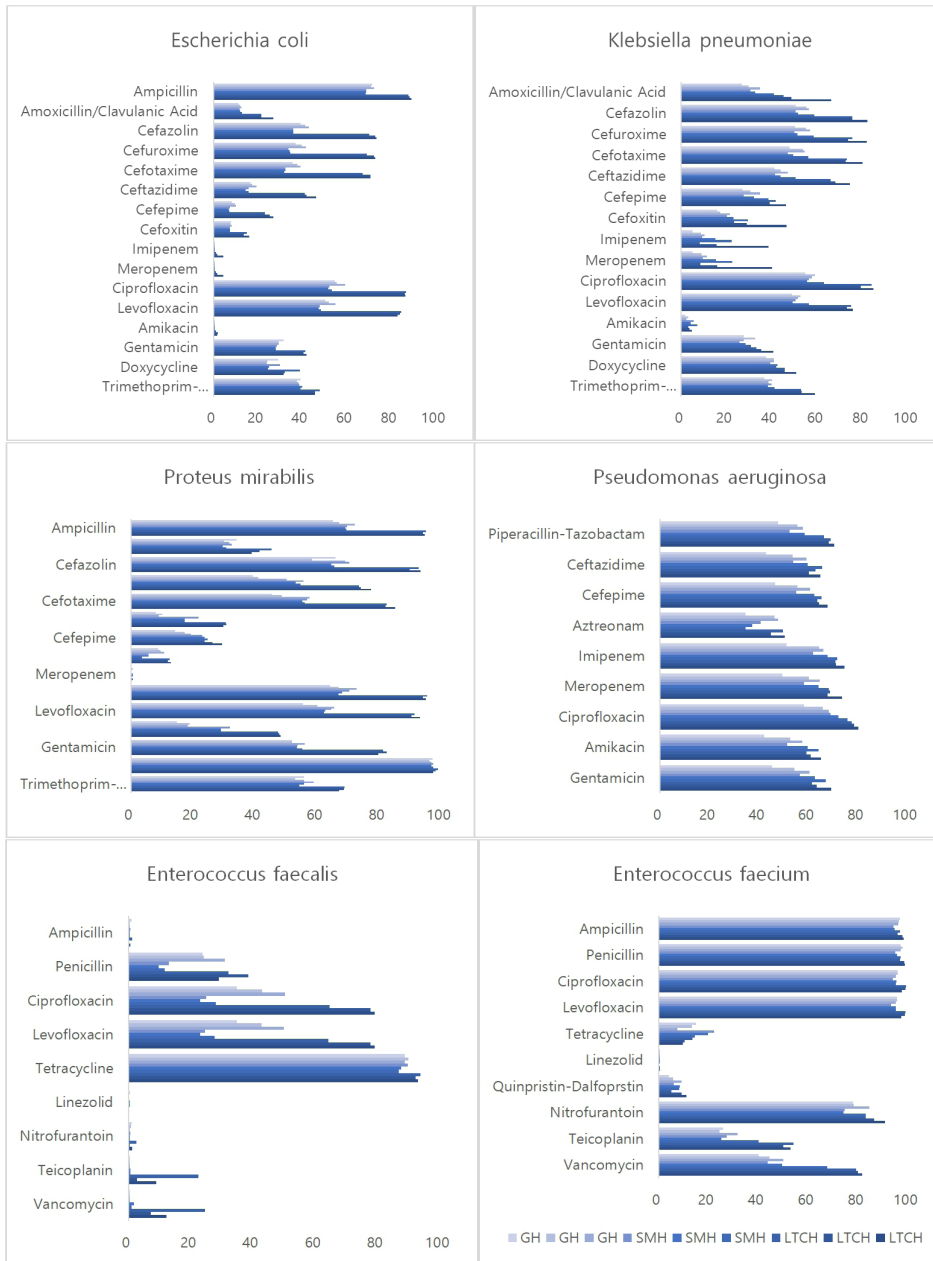


Fig. 1. Antimicrobial resistance rate (%) of 6 microorganisms from 2018 to 2020 by year.

주는 carbapenem에도 내성임이 국내외에 보고되고 있어서[16,17] 이에 대한 추적 연구가 필요할 것으로 사료되었다. 또한 근래 carbapenem제에 내성인 세균 증가가 보고되었는데[18], 본 연구에서도 carbapenem 내성 *K. pneumoniae*이 8-22%이었고, 2020년 요양병원 분리주의 내성률은 38-40%로 증가하였다. 국내 2018-2020년 카바페넴내성장내세균속균종 신고현황에서도 의료기관 종별 구분 시 전체 신고 중 요양병원에서의 신고 비율이 2018년 4.3% (517건), 2019년 7.0% (1,077건) 2020년 8.2% (1,485건)로 매년 증가하여 향후 요양병원에서의

감염증 확산 방지를 위해 감염관리인력 확보를 위한 정책 지원 및 의료관련감염병 예방을 위한 제도적 지원이 지속되어야 할 것으로 제안하였다[19]. 최근 다른 보고에서도 carbapenem 내성 장내세균 중에는 *K. pneumoniae*이 흔하고 그 중에서는 KPC 생성 균주가 흔하다고 하였다[20]. Carbapenem 분해 효소를 생성하는 *P. mirabilis*가 세계적으로 간간히 발견되었으나 아직까지는 carbapenem 내성률이 낮은 것으로 알려져 있고[21], 본 연구에서도 meropenem 내성률은 0.1%였다.

장알균은 균종에 따라서 항균제 내성이 현저히 달랐다

[22]. 본 연구에서 *E. faecalis*는 ampicillin, nitrofurantoin 및 glycopeptide에 대부분 균주가 감수성이었으나, *E. faecium*은 90% 이상의 균주가 ampicillin, penicillin 및 fluoroquinolone에 내성이었고, nitrofurantoin 내성은 78-87%, glycopeptide 내성은 27-80%이었다. Vancomycin 내성 장알균은 vancomycin의 내성 유전자가 다른 그람 양성균으로 전이될 가능성이 있으므로 감염 관리에서 중요하며 질병관리청 Kor-GLASS자료에 의하면 2017년에 34%, 2018년 39.4%, 2019년 40.9%로 매년 내성률이 증가하고 있었다[23]. 본 연구에서도 요양병원에서 내성률이 80%로 높아 관리가 필요할 것으로 사료되었다. 요로감염균에 항균력이 우수하여 경험적 항균제로 권장되는 nitrofurantoin이 vancomycin 내성 장알균에 대해서도 우수한 항균력을 보인다는 연구가 있지만[11], 본 연구에서는 *E. faecalis*의 nitrofurantoin 내성률은 1% 이하이었으나, *E. faecium*의 내성률은 78-87%로 매우 높았고, 2017-2018년 중국 분리 *E. faecium*의 내성률도 51%로 높음을 보고하였다[24]. 따라서 임상 검체에서 장알균이 분리되는 경우는 균종 동정이 항균제 내성을 이해하고 역학적 측면에서 유용할 수도 있을 것으로 생각되었다.

요양병원에서의 감염 부담과 항생제 내성은 사회적 문제로 대두되고 있다. 항생제 내성이 주로 발생하는 곳은 중증 환자가 고위험 수술을 받는 상급종합병원이지만 요양병원과의 빈번한 의뢰 및 이송으로 요양병원에 내성률이 증가하고 있다. 국내에서는 요양병원에 감염관리에 대한 보상이 적절하게 이루어 지지 않는 부분도 요양병원의 감염관리를 어렵게 하고 있다[25-27]. 본 연구의 제한점은 요배양 분리 균종과 항균제 감수성을 분석함에 있어서 의료가 관 종별에 따라 종합병원, 중소병의원 및 요양병원으로 구분하여 시도하였으나, 단일 기관의 연구로 일부 지역의 균주 수가 너무 적어서 지역적인 차이를 분석하지 못하였고, 전문검사센터의 특성 상 요배양 균주가 분리된 환자들의 특성을 분석하지 못하였다. 또한 외국에서 요로감염증 치료제로 흔히 사용되는 nitrofurantoin, fosfomycin 등의 약제에 대한 시험관내 항균력을 시험하지 못하였다.

요약하면 본 연구에서 최근 3년 동안 종합병원, 중소병의원, 요양병원 요배양에서 분리된 흔한 균주의 항균제 감수성 분석 결과 내성 균주가 흔하여 현재 경험적 치료 약제로 권장되고 있는 fluoroquinolones, β -lactam 항생제의 사용이 제한적임을 알 수 있었다. 또한 항균제 내성률은 요양병원에서 특히 높았는데, 이는 항균제 스튜어디십(antimicrobial stewardship)이 미비하고 감염관리에 취

약한 현실을 반영하며 요양병원에서의 적절한 항균제 사용과 감염관리의 중요성을 확인할 수 있었다[28].

References

1. Bader MS, Loeb M, Leto D, Brooks AA. Treatment of urinary tract infections in the era of antimicrobial resistance and new antimicrobial agents. *Postgrad Med* 2020; 132:234-50.
2. Kanjilal S, Oberst M, Boominathan S, Zhou H, Hooper DC, Sontag D. A decision algorithm to promote outpatient antimicrobial stewardship for uncomplicated urinary tract infection. *Sci Transl Med* 2020;12:eaay5067.
3. Lee SJ. Current status of antimicrobial resistance among bacterial pathogens causing urinary tract infection in Korea. *Korean J Urogenit Tract Infect Inflamm* 2009;4:37-46.
4. Kang CI, Kim J, Park DW, Kim BN, Ha US, Lee SJ, et al. Clinical practice guidelines for the antibiotic treatment of community-acquired urinary tract infections. *Infect Chemother* 2018;50:67-100.
5. Korea Disease Control and Prevention Agency. One health AMR website on antimicrobial resistance organism surveillance system. 2020 One health AMR report. <https://www.kdca.go.kr/nohas/statistics/selectTestMethodCh9.do> (Updated on 30 June 2021).
6. Yonsei University College of Medicine. Yonsei University College of Medicine website on Research institute of bacterial resistance. Antimicrobial resistance newsletter. <https://medicine.yonsei.ac.kr/medicine-en/research/bacterial-resistance-board.do> (Updated on 26 February 2021).
7. Korea Disease Control and Prevention Agency, National Institute of Health. National antimicrobial resistance surveillance in Korea 2020 Annual Report. Cheongju; Korea Disease Control and Prevention Agency, 2021:83-85.
8. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100. 28th ed, Wayne; CLSI, 2018:29-54.
9. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100. 29th ed, Wayne; CLSI, 2019:42-76.
10. CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. CLSI document M100. 30th ed, Wayne; CLSI, 2020:31-59.
11. Schaffer JN, Pearson MM. *Proteus mirabilis* and urinary tract infections. *Microbiol Spectr* 2015;3:10.1128/microbiolspec.UTI-0017-2013.
12. Eure TR, Stone ND, Mungai EA, Bell JM, Thompson ND. Antibiotic-resistant pathogens associated with urinary tract infections in nursing homes: summary of data reported to the National Healthcare Safety Network Long-Term Care Facility Component, 2013-2017. *Infect*

- Control Hosp Epidemiol 2021;42:31-6.
13. Ny S, Edquist P, Dumpis U, Gröndahl-Yli-Hannuksela K, Hermes J, Kling AM, et al. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolates from outpatient urinary tract infections in women in six European countries including Russia. *J Glob Antimicrob Resist* 2019;17:25-34.
14. Karlowsky JA, Lagacé-Wiens PRS, Adam HJ, Baxter MR, Laing NM, Walkty AJ, et al. In vitro susceptibility of urinary *Escherichia coli* isolates to first- and second-line empirically prescribed oral antimicrobials: CANWARD surveillance study results for Canadian outpatients, 2007-2016. *Int J Antimicrob Agents* 2019;54:62-8.
15. Rank EL, Lodise T, Avery L, Bankert E, Dobson E, Dumyati G, et al. Antimicrobial susceptibility trends observed in urinary pathogens obtained from New York state. *Open Forum Infect Dis* 2018;5:ofy297.
16. Kim YA, Kim JJ, Kim H, Lee K. Community-onset extended-spectrum- β -lactamase-producing *Escherichia coli* sequence type 131 at two Korean community hospitals: the spread of multidrug-resistant *E. coli* to the community via healthcare facilities. *Int J Infect Dis* 2017;54:39-42.
17. Muller A, Gbaguidi-Haore H, Cholley P, Hocquet D, Sauget M, Bertrand X. Hospital-diagnosed infections with *Escherichia coli* clonal group ST131 are mostly acquired in the community. *Sci Rep* 2021;11:5702.
18. Kim D, Ahn JY, Lee CH, Jang SJ, Lee H, Yong D, et al. Increasing resistance to extended-spectrum cephalosporins, fluoroquinolone, and carbapenem in gram-negative bacilli and the emergence of carbapenem non-susceptibility in *Klebsiella pneumoniae*: analysis of Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System (KARMS) data from 2013 to 2015. *Ann Lab Med* 2017;37:231-9.
19. Lee E, Lee S, Yoon S, Lee Y. Number of Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections in the Republic of Korea (2018-2020). *Public Health Wkly Rep* 2021;14:2765-72.
20. Lee H, Yoon EJ, Kim D, Jeong SH, Won EJ, Shin JH, et al. Antimicrobial resistance of major clinical pathogens in South Korea, May 2016 to April 2017: first one-year report from Kor-GLASS. *Euro Surveill* 2018;23:1800047.
21. Girlich D, Bonnin RA, Dortet L, Naas T. Genetics of acquired antibiotic resistance genes in *Proteus* spp. *Front Microbiol* 2020;11:256.
22. Yong D, Shin HB, Kim YK, Cho J, Lee WG, Ha GY, et al. Increase in the prevalence of carbapenem-resistant *Acinetobacter* isolates and ampicillin-resistant non-typhoidal *Salmonella* species in Korea: a KONSAR study conducted in 2011. *Infect Chemother* 2014;46:84-93.
23. Zhang Y, Wang L, Zhou C, Lin Y, Liu S, Zeng W, et al. Unraveling mechanisms and epidemic characteristics of nitrofurantoin resistance in uropathogenic *Enterococcus faecium* clinical isolates. *Infect Drug Resist* 2021;14:1601-11.
24. Nichol KA, Sill M, Laing NM, Johnson JL, Hoban DJ, Zhanel GG. Molecular epidemiology of urinary tract isolates of vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* from North America. *Int J Antimicrob Agents* 2006;27:392-6.
25. Choi JP, Cho EH, Lee SJ, Lee ST, Koo MS, Song YG. Influx of multidrug resistant, Gram-negative bacteria (MDRGNB) in a public hospital among elderly patients from long-term care facilities: a single-center pilot study. *Arch Gerontol Geriatr* 2012;54:e19-22.
26. Choi MJ, Noh JY, Cheong HJ, Kim WJ, Kim MJ, Jang YS, et al. Spread of ceftriaxone non-susceptible pneumococci in South Korea: long-term care facilities as a potential reservoir. *PLoS One* 2019;14:e0210520.
27. Kariya N, Sakon N, Komano J, Tomono K, Iso H. Current prevention and control of health care-associated infections in long-term care facilities for the elderly in Japan. *J Infect Chemother* 2018;24:347-52.
28. Yun SH, Gwon B, Hong HL, Lim HS, Lee KR, Jang I, et al. Antimicrobial resistance in bacterial isolates recovered from nursing hospitals between 2014 and 2017. *Ann Clin Microbiol* 2019;22:96-104.