

2019 국가 항균제 내성균 조사 연보

NATIONAL ANTIMICROBIAL RESISTANCE SURVEILLANCE IN KOREA
2019 ANNUAL REPORT



질병관리청



국립보건연구원

세계 각국에서는 항균제 내성 문제가 인류의 생존 자체에 위협이 되는 글로벌 공중 보건 위기임을 인지하여, 2015년 5월 제68차 세계보건총회에서 **항생제 내성 글로벌 행동계획(Global Action Plan on Antimicrobial Resistance)**을 채택하고 강력한 국제 공조를 통해 항균제 내성 문제를 해결하고자 하는 공동노력을 촉구한 바 있습니다.

이를 계기로 2015년 세계보건기구(WHO)는 글로벌 행동계획의 하나로 “글로벌 감시 및 연구 확대를 통한 증거 기반 강화”라는 세부 전략에 따라 국제적으로 표준화된 항균제 내성 자료의 수집, 분석 및 공유를 통해 국가 간 비교 가능한 내성 정보 산출을 목표로 **국제 항생제 내성 감시체계(Global Antimicrobial Resistance Surveillance System, GLASS)**를 구축하였고, '19년말 기준으로 전세계의 91개 국가 이상이 가입하여 항균제 내성 정보를 제공하여 항균제 내성 문제 해결을 위한 국제적인 노력에 동참하고 있습니다. (대한민국은 2016년 8월 정식 가입)

질병관리청 (국립보건연구원)는 2016년 5월 WHO GLASS가 제시하는 권장 조건을 상회하는 항균제 내성균 감시체계인 『**국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS)**』를 구축하고 지속적으로 운영하여 매년 WHO GLASS에 국가 항균제 내성 정보를 제공하고 있습니다. 본 조사는 전국 8개 권역 종합/요양병원으로 구성된 수집센터에서 12개월 동안 지정 검체로부터 12종 병원균 전수를 수집하였고, 각 균종별 분석센터에서 표준화된 시험법으로 검사하여 결과를 산출하고 외부시험관리센터에 의해 정기적인 결과 검증을 거쳐 항균제 감수성 검사의 신뢰도를 확보하고 있습니다.

이와는 별도로 2002년부터 현 질병관리청은 주요 항균제 내성균의 내성 현황을 파악하기 위해 『국가 항균제 내성 감시 체계(Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System, KARMS)』를 구축하여 운영하고 있습니다. 매년 1년동안 전국 중소병원, 의원, 요양병원에서 분리된 주요 균종들의 항균제 내성 정보를 수집 및 분석하고 있으며 법정감염병인 장내세균 3종, VRSA 및 CRE에 대한 항균제 내성 경향을 분석하고 있습니다.

질병관리청 (국립보건연구원)는 2017년 Kor-GLASS와 KARMS 운영 결과를 동시에 『**2017년 국가 항균제 내성균 조사 연보**』에 담아 제공하기 시작한 이래, 세 번째로 발간하는 『**2019년 국가 항균제 내성균 조사 연보**』에는 2019년 Kor-GLASS와 KARMS 운영을 통해 산출된 우리나라 주요 내성균의 항균제 내성 현황 정보를 제공하며, 이를 통해 우리나라 항균제 내성균의 특성에 대한 이해가 증진되고 항균제 내성 연구에 활용되며 더 나아가 내성균 관리 정책 기반 마련에 도움이 되고자 합니다.

본 연보를 발간함에 있어 지원과 협력을 아끼지 않으신 수행 기관, 관련 학회 및 전문가 여러분께 거듭 감사의 말씀을 드립니다.

목 차

CHAPTER 1. 2019 국가 항균제 내성균 조사

(Kor-GLASS; GLOBAL ANTIMICROBIAL RESISTANCE SURVEILLANCE SYSTEM IN KOREA, 2019)

요약문

I. 서론	1
1. 1. 배경	1
1. 2. 국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 운영	2
II. 국내 항균제 내성균 조사 결과 (종합병원)	7
2. 1. 종합병원 배양 검사 의뢰 목록(sample statistics) 조사 결과	7
2. 1. 1. 연령별 혈액 배양 검사 건수	7
2. 1. 2. 연령별 혈액 분리 건수 대비 양성률	8
2. 1. 3. 연령별 요 배양 검사 건수	9
2. 1. 4. 연령별 요 분리 건수 대비 양성률	10
2. 1. 5. 연령별 대변 배양 검사 건수	11
2. 1. 6. 연령별 대변 분리 건수 대비 양성률	12
2. 1. 7. 연령별 요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사 건수	13
2. 2. 종합병원 수집 균주 현황	14
2. 2. 1. 월별 분리 건수	15
2. 2. 2. 성별에 따른 분리 건수	16
2. 2. 3. 감염구분별(CO vs HO) 분리 건수	17
2. 3. 종합병원 수집 균종별 항균제 내성 현황	18
2. 3. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	18
2. 3. 2. 장알균(<i>Enterococcus faecalis</i>)	19
2. 3. 3. 장알균(<i>Enterococcus faecium</i>)	20
2. 3. 4. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	21
2. 3. 5. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	22
2. 3. 6. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	25
2. 3. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	28

2. 3. 8. 아시네토박터균속(<i>Acinetobacter</i> spp.)	29
2. 3. 9. 살모넬라균속(<i>Salmonella</i> spp.)	31
2. 3. 10. 세균성이질균속(<i>Shigella</i> spp.)	32
2. 3. 11. 임균(<i>Neisseria gonorrhoeae</i>)	32
2. 3. 12. 클로스트리디오이드 디피실균(<i>Clostridioides difficile</i>)	33
2. 4. 주요 내성균의 부담률	34
III. 국내 항균제 내성균 조사 결과 (요양병원)	37
3. 1. 요양병원 수집 균주 현황	37
3. 2. 요양병원 수집 균종별 항균제 내성 현황	38
3. 2. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	38
3. 2. 2. 장알균(<i>Enterococcus faecalis</i>)	39
3. 2. 3. 장알균(<i>Enterococcus faecium</i>)	40
3. 2. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	41
3. 2. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	43
3. 2. 6. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	45
3. 2. 7. 아시네토박터균속(<i>Acinetobacter</i> spp.)	46
3. 2. 8. 살모넬라균속(<i>Salmonella</i> spp.)	47
IV. 주요 다제내성균의 특성 분석	51
4. 1. MRSA 분포	51
4. 2. ESBL 생성 <i>E. coli</i>	52
4. 3. Carbapenem 내성 <i>K. pneumoniae</i>	53
4. 4. Carbapenem 내성 <i>A. baumannii</i>	53
V. 주요 항균제 내성균의 내성률 비교	57
5. 1. 연도별 종합병원 수집 균종별 주요 항균제 내성률 비교	57
5. 2. 종합병원과 요양병원의 주요 항균제 내성률 비교	58

VI. 시범운영 (침습성 칸디다균의 항진균제 내성 조사)	61
6. 1. 항진균제 내성 칸디다균(<i>Candida</i> spp.)	61
6. 1. 1. 수집 체계 구축 현황	61
6. 1. 2. 칸디다 균속의 분포	61
6. 1. 3. 항진균제 내성률	62
VII. Kor-GLASS 2기 사업(2020-2022)	67
첨부 1. Kor-GLASS 운영 세부 사항	68
첨부 2. Kor-GLASS 시험관리 프로그램	76
첨부 3. Kor-GLASS 다제내성균 감시체계 WHO 제출(WHO 보고서)	77
첨부 4. Kor-GLASS 관련 행사 및 실적(2019)	80

CHAPTER 2. 2019 국가 항균제 내성 정보

(KARMS: KOREAN ANTIMICROBIAL RESISTANCE MONITORING SYSTEM, 2019)

요약문

I. 서론	
1. 1. 배경	89
1. 2. 국가 항균제 내성정보(KARMS) 구축	89
1. 3. 국가 항균제 내성정보(KARMS) 구성 및 운영	89
II. 병원내 감염의 주요 원인균	93
2. 1. 국내 항균제 내성정보 조사 결과: 중소병원	93
2. 1. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	93
2. 1. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	94
2. 1. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	96
2. 1. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	97
2. 1. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	98

2. 1. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	99
2. 1. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	100
2. 1. 8. 아시네토박터바우마니균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	101
2. 2. 국내 항균제 내성정보 조사 결과: 요양병원	102
2. 2. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	102
2. 2. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	103
2. 2. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	105
2. 2. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	106
2. 2. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	107
2. 2. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	108
2. 2. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	109
2. 2. 8. 아시네토박터바우마니균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	110
2. 3. 국내 항균제 내성정보 조사 결과: 의원	111
2. 3. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	111
2. 3. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	112
2. 3. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	114
2. 3. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	115
2. 3. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	116
2. 3. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	117
2. 3. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	118
2. 3. 8. 아시네토박터바우마니균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	119
2. 4. 병원별 주요 항균제 내성 비교	120
2. 4. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	120
2. 4. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	121
2. 4. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	122
2. 4. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	123
2. 4. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	124
2. 4. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	125
2. 4. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	126
2. 4. 8. 아시네토박터바우마니균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	127

Ⅲ. 주요 법정 감염병 원인균	131
3. 1. 국내 항균제 내성정보 조사 결과: 장내세균	131
3. 1. 1. 장티푸스균(<i>Salmonella Typhi</i>)	131
3. 1. 2. 비장티푸스성 살모넬라균(Non-typhoidal <i>Salmonella</i>)	132
3. 1. 3. 세균성이질균속(<i>Shigella</i> spp.)	134
3. 1. 4. 캄필로박터균(<i>Campylobacter jejuni</i>)	136
3. 2. 국내 항균제 내성정보 조사 결과: 전수감시	137
3. 2. 1. 반코마이신내 황색포도알균(VRSA)	137
3. 2. 2. 카바페넴내성장내세균속균(CRE)	138

자료제공

병원체명

본문 기술	한글명	영문명	약어	비고
<i>S. aureus</i>	황색포도알균	<i>Staphylococcus aureus</i>	SAU	
Enterococci	장알균	Enterococci	-	
<i>E. faecalis</i>	장알균	<i>Enterococcus faecalis</i>	EFA	
<i>E. faecium</i>	장알균	<i>Enterococcus faecium</i>	EFM	
<i>S. pneumoniae</i>	폐렴사슬알균	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	SPN	
<i>E. coli</i>	대장균	<i>Escherichia coli</i>	ECO	
<i>K. pneumoniae</i>	폐렴막대균	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	KPN	
<i>P. aeruginosa</i>	녹농균	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	PAE	
<i>Acinetobacter</i> spp.	아시네토박터균속	<i>Acinetobacter</i> spp.	ACI	
<i>A. baumannii</i>	아시네토박터 바우마니균	<i>Acinetobacter baumannii</i>	ABA	
<i>Salmonella</i> spp.	살모넬라균속	<i>Salmonella</i> spp.	SAL	
<i>Shigella</i> spp.	세균성이질균속	<i>Shigella</i> spp.	SHI	
<i>N. gonorrhoeae</i>	임균	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	NGO	
<i>C. difficile</i>	클로스트리디움 디피실균	<i>Clostridioides difficile</i>	CDI	
<i>E. cloacae</i>	엔테로박터균	<i>Enterobacter cloacae</i>	ECL	
<i>C. jejuni</i>	캠필로박터균	<i>Campylobacter jejuni</i>	CAI	
<i>S. typhi</i>	장티푸스균	<i>Salmonella typhi</i>	SAT	
VRSA	반코마이신내성황색포도알균	-	VRSA	
CRE	카바페넴내성장내세균속균	-	CRE	
Non-typhoidal <i>Salmonella</i>	비장티푸스성 살모넬라균	-	-	<i>S. typhi</i> , <i>S. paratyphi</i> 제외한 살모넬라균
Non- <i>baumannii</i> <i>Acinetobacter</i>	비아시네토박터 바우마니균			
<i>Candida</i> spp.	칸디다 균속	<i>Candida</i> spp	CAN	

약어

AMC	Amoxicillin clavulanic acid
AMK	Amikacin
AMR	Antimicrobial resistance
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
CO	Community origin
CPE	Carbapenemase producing <i>Enterobacteriaceae</i>
CPM	Capreomycin
CRE	Carbapenem resistant <i>Enterobacteriaceae</i>
CS	Cycloserine
CSF	Cerebrospinal fluid
EARS-Net	European Antimicrobial Resistance Surveillance Network
EQA	External quality assessment
ESBL	Extended-spectrum beta-lactamase
EUCAST	European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing
GAT	Gatifloxacin
GES-5	Guiana extended spectrum-5
GLASS	Global Antimicrobial Resistance Surveillance System
HO	Hospital origin
IMP	Imipenemase
INH	Isoniazid
IPT	Interlaboratory proficiency testing
KARMS	Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System
KM	Kanamycin
KONIS	Korean Nosocomial Infections Surveillance System
KPC-2	<i>Klebsiella pneumoniae</i> carbapenemase-2
LVX	Levofloxacin
MALDI-TOF MS	Matrix assisted laser desorption/ionization - time of flight mass spectrometry
MBL	Metallo beta-lactamase
MDR	Multi-drug resistance
MIC	Minimal inhibitory concentration
MLST	Multilocus sequence typing
MRAB	Multi-drug resistant <i>Acinetobacter baumannii</i>

MRPA	Multi-drug resistant <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
MRSA	Methicillin resistant <i>Staphylococcus aureus</i>
NARMS	National Antimicrobial Resistance Monitoring System
NCC	National coordinating center
NDM-1	New delhi metallo beta-lactamase
NFP	National focal point
NG-MAST	Neisseria gonorrhoeae multi antigen sequence typing
NRL	National reference laboratory
OFX	Ofloxacin
PAS	Para aminosalicylic acid
PBP2a	Penicillin 결합 단백질 2a
PCR	Polymerase chain reaction
PDR	Pan drug resistance
PISP	Penicillin G intermediate <i>Streptococcus pneumoniae</i>
PPNG	Penicillinase producing <i>Neisseria gonorrhoeae</i>
PTH	Prothionamide
PVL	Panton valentine leukocidine
QDA	Quinupristin dalfopristin
RIF	Rifampin
SAM	Ampicillin sulbactam
SM	Streptomycin
SXT	Trimethoprim sulfamethoxazole
TSST-1	Toxic shock syndrome toxin-1
VIM	Verona integrin encoded metallo beta-lactamase
VISA	Vancomycin intermediate <i>Staphylococcus aureus</i>
VRE	Vancomycin resistant Enterococci
VREFM	Vancomycin resistance <i>Enterococcus faecium</i>
VRSA	Vancomycin resistant <i>Staphylococcus aureus</i>
WHO	World Health Organization
XDR	Extensively drug resistance

CHAPTER 1

Kor-GLASS

Global Antimicrobial Resistance Surveillance System in Korea, 2019

2019 국가 항균제 내성균 조사

요약문

Kor-GLASS는 2015년 WHO에서 발표한 GLASS 매뉴얼에 기초한 국내 다제내성균 감시체계로, 2016년에 6개의 수집센터와 3개의 분석센터로 시작되어, 2017년에는 9개의 수집센터와 4개의 분석센터로 운영되었다. 2018년에는 균종이 추가되어 9개의 수집센터와 5개의 분석센터로 운영되었다. 수집대상 균종은 i) 혈액 분리 *S. aureus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., *C. difficile*, ii) 뇌척수액 분리 *S. pneumoniae*, iii) 요 분리 *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., iv) 변 분리 *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., *C. difficile*, v) 요도 및 자궁경부 면봉 분리 *N. gonorrhoeae*로 추가된 균종 외에는 2017년과 동일하다.

2019년 1월부터 12월까지 Kor-GLASS 2019년 종합병원 수집균주는 총 13,327주였으며, 혈액 분리주가 4,345주, 요 분리주가 8,565주, 그리고 대변 분리주가 417주였다. 뇌척수액 분리주와 요도 및 자궁경부 면봉에서 분리된 균주는 없었다. 혈액 분리주에서는 *E. coli*가 1,939주로 가장 많았으며, *K. pneumoniae*, *S. aureus* 순으로 분리되었다. 요 분리주에서도 *E. coli*가 7,270주로 가장 많았으며, *K. pneumoniae*는 1,295였다. *C. difficile*은 2개 권역의 종합병원에서 총 305주가 분리되었고, 혈액 분리 28주와 대변 분리 277주가 분리되었다.

Kor-GLASS 2019년도 종합병원 수집균주의 분석 결과 주요 내성균 중 cefoxitin 내성 *S. aureus*는 48.6%로 2018년 대비 1.5%로 증가하였다. Cefotaxime 내성 *E. coli*는 37.1%, cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*는 24.9%로, Kor-GLASS 2018년에 비해 각각 38.6%, 27.1% 감소하였다. Vancomycin 내성 *E. faecium*의 경우 2017년 34.0%에서 2018년에 39.4%로 증가하였으며, 2019년에는 40.9%로 증가함에 따라 내성균의 증가를 세심히 관찰해야 될 것으로 판단되었다. 추가적으로, carbapenem 내성 *P. aeruginosa*는 24.2%에서 23.6%로, carbapenem 내성 *A. baumannii*도 89.0%에서 90.3%로 2018년보다 2019년에 다소 증가하였다.

요양병원 수집균주의 주요 항균제에 대한 내성률은 종합병원 분리균주보다 크게 높은 수준을 보였다. Cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*는 71.4%로 2018년보다 증가하였고, cefoxitin 내성 *S. aureus*는 89.8%, cefotaxime 내성 *E. coli*는 60.7%, vancomycin 내성 *E. faecium*은 16.0%로 감소하였다. Carbapenem 내성 *K. pneumoniae*, *A. baumannii*는 각각 8.3%, 94.4%로 2018년 대비 증가하였으나 carbapenem 내성 *P. aeruginosa*는 56.3%로 작년보다 약 1.5배 정도 감소하였다.

질병관리청 국립보건연구원은 Kor-GLASS 2019년의 결과를 정리하여 WHO GLASS에 보고하였으며, 제출된 결과는 WHO GLASS 보고서 2021판으로 보고될 예정이다. WHO GLASS 보고서 2019판에 따르면 우리나라가 82개 참여국 중 높은 수준의 임상정보와 균주정보를 제공하였고 완결성 측면에서 우수하다는 평가를 받았다.

I

서론

I 서론

1-1. 배경

항균제의 사용 증가와 오남용은 내성균의 출현 및 확산을 가속화하였다. 2014년 O'Neill 등은 2050년에는 전세계에서 내성균의 감염으로 매년 약 1,000만명 이상이 사망할 것이며, 이는 전세계 GDP 100조 달러의 손실을 유발할 것으로 예측하였다. 이를 계기로 국제사회는 항균제 내성이 인류의 생존과 지속 가능한 발전에 심각한 위협요소임을 인지하고 글로벌 보건 분야의 최우선 과제로 선정하고 국제공조를 통하여 내성균의 확산 방지를 위한 글로벌 행동 전략을 마련하고자 하였다.

제68차 세계보건총회(2015년)에서 항생제 내성 글로벌 행동계획이 채택된 후 WHO는 국가별 항균제 내성균의 정확한 실태 파악이 필수적이라 판단하였다. 이미 여러 국가들에서 다양한 형태의 항균제 내성 감시체계를 운영하고 있었지만, 대상 병원체, 대상 항균제, 감시 방법, 감시 기간, 보고 방법 등이 달라 국가 간 결과 비교가 어렵다는 한계가 있었다. 이를 통해 전세계 규모의 통합 감시 체계의 필요성이 대두되었다.

이에 WHO는 표준화된 방법과 기준을 적용한 국제 항생제 내성 감시체계인 GLASS를 구축하였다. 특히, WHO GLASS는 국가별 항균제 내성 정보를 수집, 분석하는데 그치지 않고, 실험실 검사 결과와 성별, 연령, 감염부위 등과 같은 임상정보와 연계한 종합적인 분석을 통해 인구집단 내 항균제 내성이 미치는 영향에 대한 정보를 제공할 수 있는 수준 높은 감시 체계 방식을 채택하고 있다.

WHO는 2015년부터 2019년까지를 초기 이행기간(Early Implementation period)으로 설정하고, 효과적인 내성률 감시체계 설립을 위한 가이드라인 확립 및 지원을 시행하고 있다. 2019년까지 총 82개국이 GLASS에 가입하였으며 웹기반 플랫폼(<https://www.who.int/glass/en/>)을 통하여 국가별 수집한 정보를 분석/공유하고 있다.

1-2. 국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 운영

우리나라는 2016년 국가 항생제 내성 관리대책을 발표하였으며, 그 일환으로 내성감시체계 강화를 위해 2016년 7월에 WHO GLASS에 가입하였다. 당시 질병관리본부(現, 질병관리청)는 GLASS와 호환이 가능하면서 GLASS의 미비점을 보완/개선할 수 있는 한국형 GLASS 사업을 고안하였으며, 이 사업을 Kor-GLASS로 명명하였다.

Kor-GLASS는 8개 권역의 종합병원 및 요양병원을 대상으로, 총 15개의 센터를 중심으로 9개의 수집센터, 5개의 분석센터 및 1개의 시험관리센터가 운영되고 있다. 감시 대상병원체는 GLASS 감시 대상 병원체 8종과 국내 법정감염병으로 지정된 병원체 3종, 모니터링이 필요하다고 판단되는 균종 1종을 포함한 총 12종으로 *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Neisseria gonorrhoeae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridioides difficile* 가 있다. GLASS에서 제시한 방법에 따라 검체별 우선순위 병원체를 지정하였으며, 혈액, 소변, 대변, 요도 또는 자궁경부 도말 등에서 해당 병원체를 전수 조사 (중복균주 제외)하고 있다. (첨부 1) 그리고 2019년에 WHO GLASS에서 주요 감시 균종으로 *Candida* spp.를 선정하였고, 이에 본 조사 체계에서 시범운영을 통해 Kor-GLASS 적용 타당성을 검토하였다.

전수조사로 수집된 모든 균종은 운영메뉴얼에 따라 표준화된 방법으로 동정 및 항균제 감수성 시험과 내성유전자 검사를 수행하고 있다. GLASS에서 균종별로 제시된 항균제와 함께 국내 감시 실정에 따라 추가된 항균제를 대상으로 항균제 감수성 시험이 진행되며 시험결과는 CLSI 또는 EUCAST 기준에 따라 판정된다. 모든 균종은 기본적으로 디스크 확산법을 사용하되 균종 및 항균제에 따라 액체배지미량희석법 및 한천배지희석법 등을 별도 수행하고 있다. 각 균종별 내성유전자 및 역학적 특성 검사는 PCR과 sequencing을 통해 확인하고 있다. (첨부1)

Kor-GLASS는 국내 실정에 맞게 WHO GLASS와 호환이 가능하면서 GLASS의 미비점을 보완/개선한 국내 항균제 내성균 감시체계이며, 2가지 감시체계 (종합병원 및 요양병원 감시체계)로 구성되어 있다. 질병관리본부(現, 질병관리청)의 의료감염관리과(現, 항생제내성관리과)가 국가조정센터(National Coordinating Center, NCC), 약제내성과(現, 약제내성연구과)가 국가표준실험실(National Reference Laboratory, NRL)로서 역할을 수행하고, 종합병원 및 요양병원들이 감시기관(Surveillance Site, SS)으로 본 사업에 적극 참여하고 있다. (그림 1-1)

Kor-GLASS로 수집된 데이터의 표준화 및 신뢰성 확보를 위해 시험관리센터를 통해 매월 일부 수집균주를 무작위로 선정하여 균종 및 시험법별 검사 결과 검증 절차를 통해 내부시험관리를 실시하고, 또한 참여하는 모든 기관을 대상으로 분기별로 외부시험관리를 수행하고 있다.

Kor-GLASS의 임상정보 및 수집정보, 기본분석 및 추가분석 결과, 시험관리 결과는 질병관리청 질병보건통합관리시스템(<http://is1.cdc.go.kr/>)을 통해 관리되며 Kor-GLASS 데이터베이스는 기존 Kor-GLASS 플랫폼이 가지고 있는 업무 프로세스를 그대로 반영하여 구현하였으며 각 센터별 담당자에 따라 권한을 부여하여 데이터의 입력, 승인, 수정을 가능하도록 하였다. 누적된 시험 결과는 분석을 통해 매년 WHO GLASS에 국가데이터로 제공하고 있다. (그림 1-2)

II

국내
항균제 내성균
조사 결과
종합병원

II 국내 항균제 내성균 조사 결과 (종합병원)

2. 1. 종합병원 배양 검사 의뢰 목록(sample statistics) 조사 결과

WHO GLASS에서 제시한 기준에 따라 Hospital origin (HO) 감염은 3일 이상 입원한 환자에서 얻은 검체나 3일 이상 입원하여 치료받지는 않았지만 다른 병원에서 2일 이상 입원하여 치료받다가 옮긴 환자에서 얻은 검체를 의미한다. Community origin (CO) 감염은 2일 이하 입원한 환자에서 얻은 검체나 외래환자를 통해 얻은 검체를 나타낸다. 연령군은 WHO GLASS 기준을 참고하여 분류하였다.

2. 1. 1. 연령별 혈액 배양 검사 건수

8개 권역 수집센터의 혈액 배양 검사 건수를 연령별로 비교하였을 때, CO감염이 의심되는 경우는 1-4세군이 10,079건, 75-84세군 11,048건으로, 소아 및 노년층에서 CO감염의 부담이 크다는 것을 알 수 있다.

반면 HO감염이 의심되는 경우는 소아보다는 입원환자의 비율이 많은 노년층에서 많았다. 특히 75-84세군에서 3,807건으로 가장 많고, 전반적으로 연령이 증가할수록 그 부담이 커지는 것을 확인 할 수 있다.

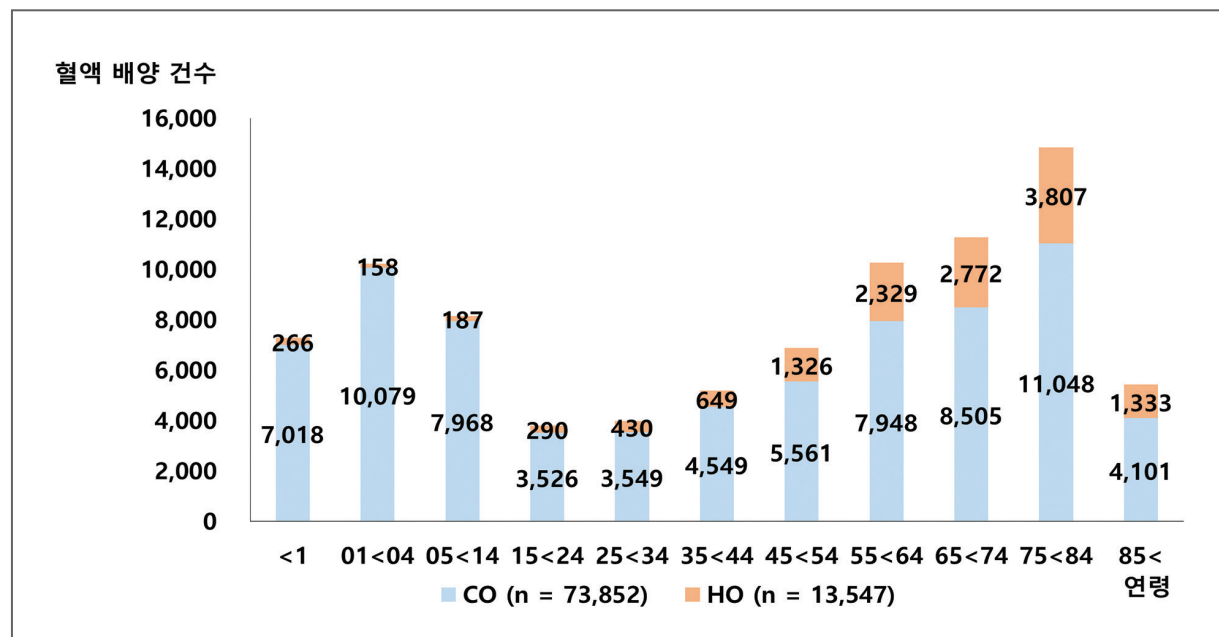


그림 2-1. 종합병원 연령별 혈액 배양 검사 건수

2. 1. 2. 연령별 혈액 분리 건수 대비 양성률

연령별 혈류감염 원인균 분리 건수는 1-4세군과 5-14세군에서 가장 낮았으며 연령이 증가하면서 원인균 분리 건수가 증가하여 75-84세군에서 가장 높았다. 혈액 배양 검사 대비 세균의 양성률 역시 1-4세군과 5-14세군에서 0.1%, 0.2%로 가장 낮았고, 75-84세군과 85세 이상군에서 각각 9.4%, 9.8%로 높았다.

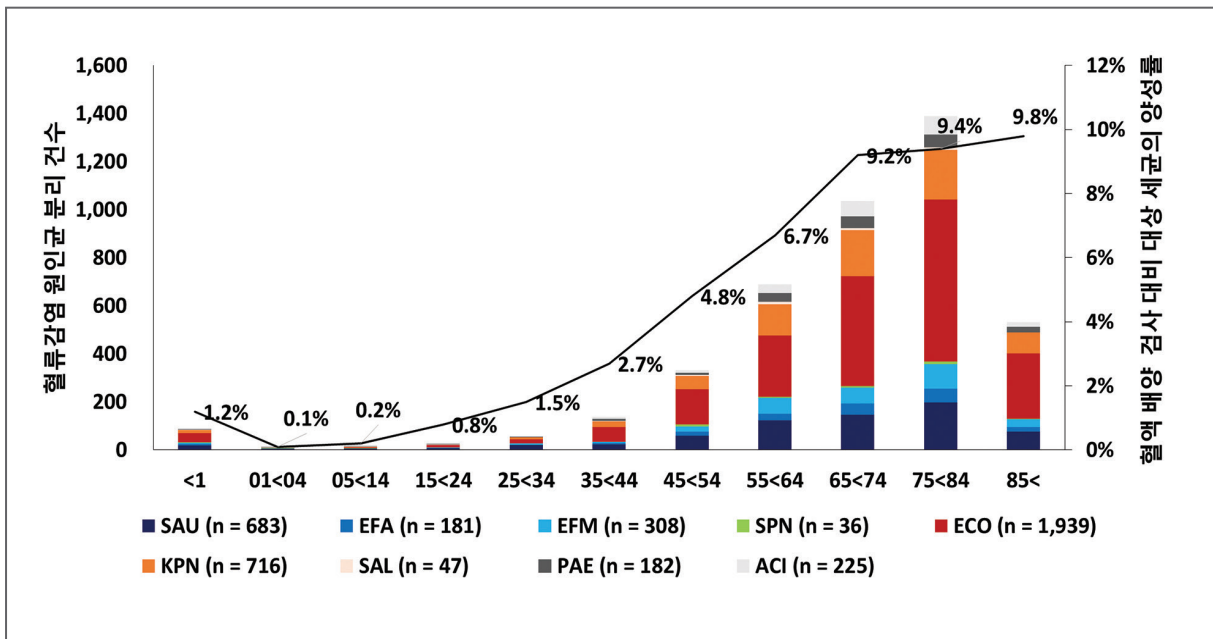


그림 2-2. 종합병원 연령별 혈류감염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 3. 연령별 요 배양 검사 건수

요 배양 검사의 연령별 분포를 보았을 때, 혈액 배양 검사와 유사한 결과를 보였다. HO감염이 의심되어 요 배양 검사를 시행한 경우는 1-4세군부터, CO감염이 의심되는 경우는 15-24세군부터 연령이 높아지면서 점점 건수가 증가하였다. HO감염 및 CO감염의 부담은 5세 미만의 소아와 55세 이상의 중, 노년층에서 크고, 15-24세군에서 부담이 적음을 알 수 있다.

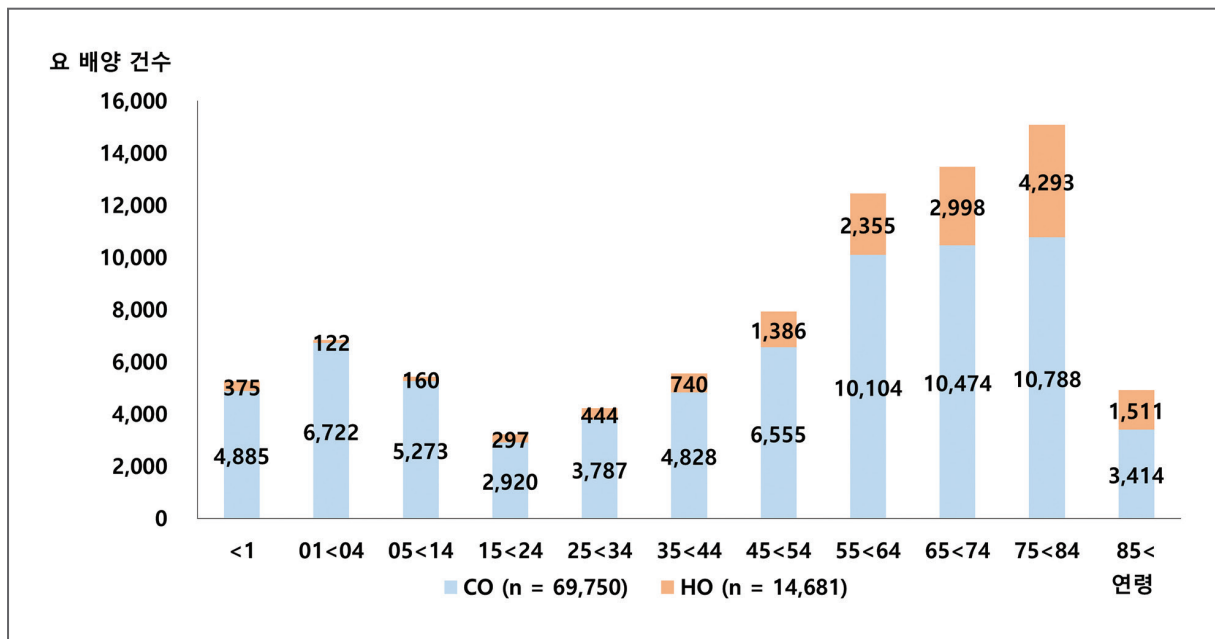


그림 2-3. 종합병원 연령별 요 배양 검사 건수

2. 1. 4. 연령별 요 분리 건수 대비 양성률

요 분리 건수의 분포는 혈액 분리 건수의 분포와 다른 양상을 보였다. 1세 미만군과 75-84세군에서 많고, 5-14세군에서 가장 낮으며 점차 연령이 증가할수록 분리 건수는 증가하였다. 요 분리 건수 대비 양성률 역시 비슷한 양상을 보여 1세 미만군에서 20.2%로 가장 높았고, 5-14세군에서 2.0%로 가장 낮았다. 이후 연령이 증가할수록 요 분리 건수 대비 양성률도 증가하여 85세 이상군에서는 18.3%였다.

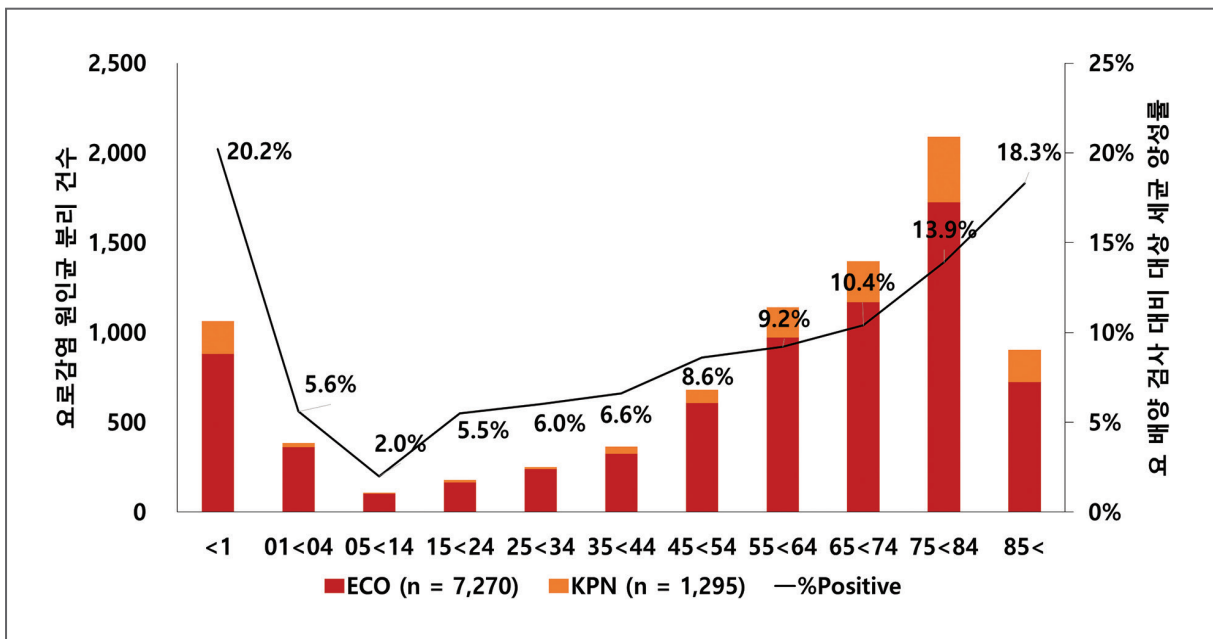


그림 2-4. 종합병원 연령별 요로감염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 5. 연령별 대변 배양 검사 건수

대변 배양 검사는 통상적으로 입원 3일 이내의 환자를 대상으로 장염의 원인 세균을 대상으로 시행되며, 입원 3일 이후에 의뢰되는 검사는 시행하지 않는 것이 원칙이다. 즉, 설사의 원인 세균으로 알려져 있는 *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Vibrio* 등의 병원 내 감염의 가능성을 배제한다. 하지만, 국내에서는 병원 내에서 *Shigella* 및 *Salmonella*에 의한 집단감염이 보고된 바 있으며, 국내 의료환경의 특수성을 감안하여, 입원 3일 이후에 의뢰되는 대변 검체에 대해서도 검사를 진행하고 있다.

CO감염이 의심되는 환자는 1세 미만에서 1,242건으로 가장 많았으며, 1-5세군에서 933건, 5-14세군에서 823건이었다. 25-34세군에서 406건으로 가장 낮았으며, 그 이후 연령군에서는 검사 건수가 455-735건으로 비교적 비슷하였다. HO감염이 의심되는 환자는 75-84세군에서 1,233건으로 많았다. 이는 고령의 환자군에서 병원성 설사의 가장 흔한 원인균인 *C. difficile*에 대한 검사를 진행할 때, 대변 배양 검사를 같이 처방하는 경우가 포함된 것으로 생각된다.

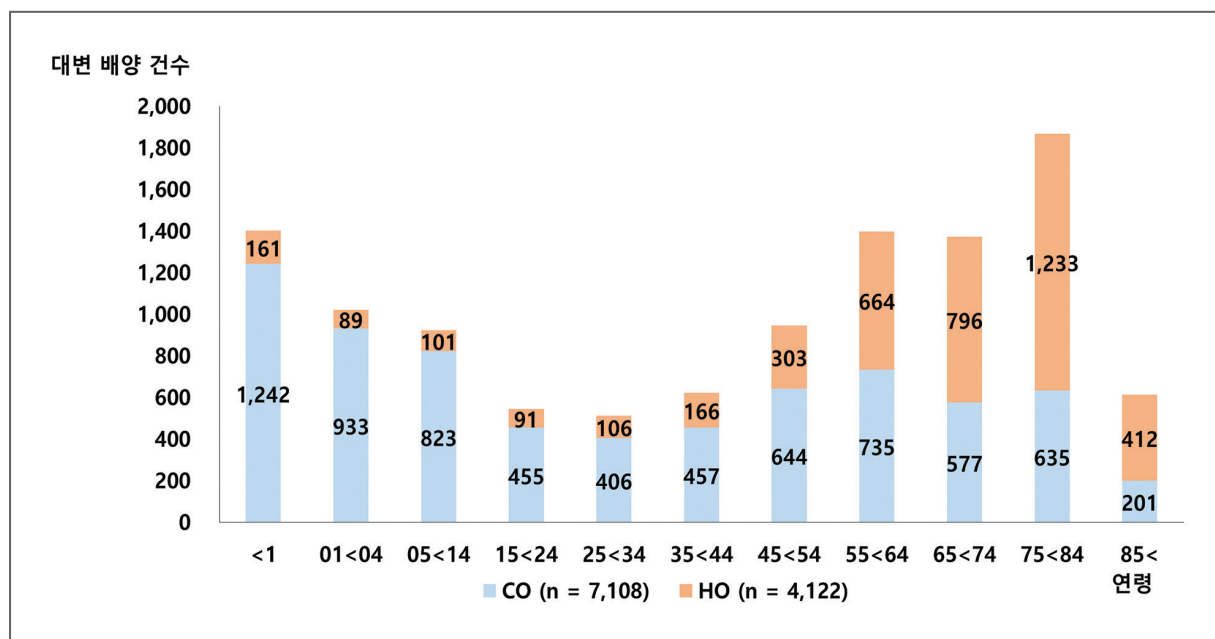


그림 2-5. 종합병원 연령별 대변 배양 검사 의뢰 건수

2. 1. 6. 연령별 대변 분리 건수 대비 양성률

대변 분리 건수는 소아 환자에서 많았다. 1-4세군과 5-14세군에서 가장 많았으며, 다른 연령군에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 대변 분리 건수 대비 양성률은 1-4세에서 4.0%, 5-14세군에서 3.0%로 가장 높았으며, 다른 연령군에서는 1% 이내로 낮았다.

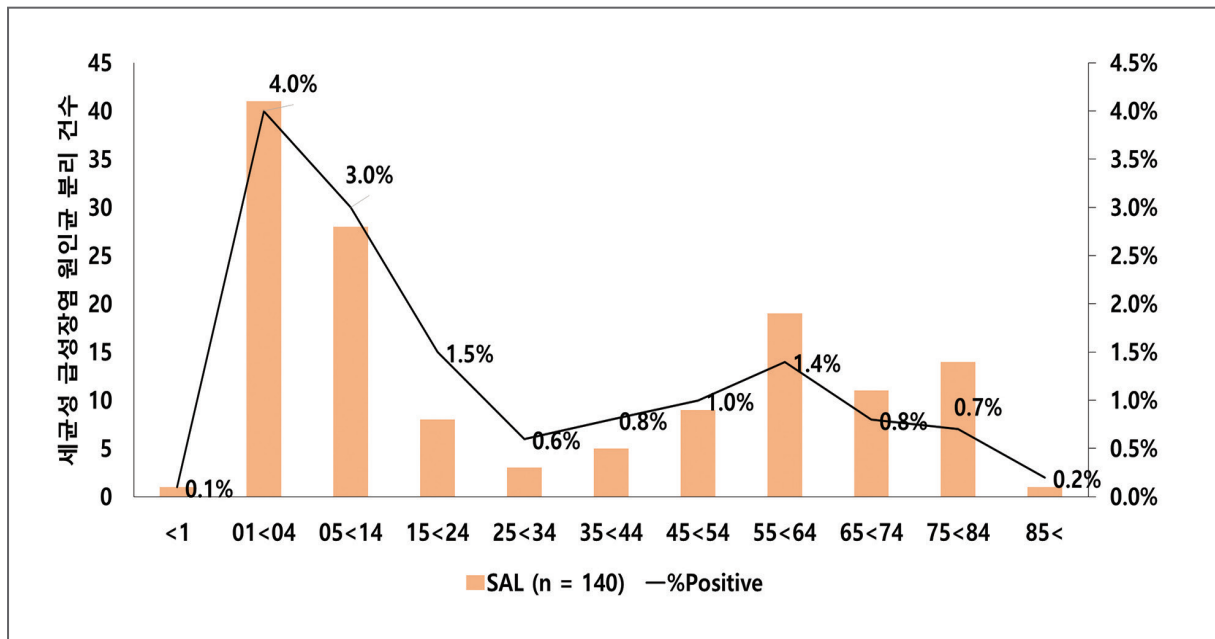


그림 2-6. 종합병원 연령별 세균성 급성장염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 7. 연령별 요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사 건수

요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사 건수는 *N. gonorrhoeae*의 분리를 목적으로 진행되는 검사의 건수를 기초로 조사되었다. GLASS의 기준에 따라 CO/HO감염의 분류를 동일하게 적용하였으나, 요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사에서는 입원 후 검사 시기의 차이일 뿐, 의미가 크지 않을 것으로 판단된다. 요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사 건수는 25-34세군에 1,610건으로 가장 많았으며, 35-44세군에서 1,386건, 45-54세군에 760건이었으며, 그 외의 연령군에서는 검사 건수가 적었다. 이는 성생활이 가장 활발한 연령대에서 검사 빈도가 높음을 반영하는 결과이다.

다만, Kor-GLASS에 포함되어 있는 수집센터 (종합병원)의 성격 및 규모를 고려하였을 때, 성병이 의심되어 시행된 검사 건수뿐만 아니라, 건강검진과 가임기 여성의 산전검사 건수가 포함되었을 것으로 생각된다.

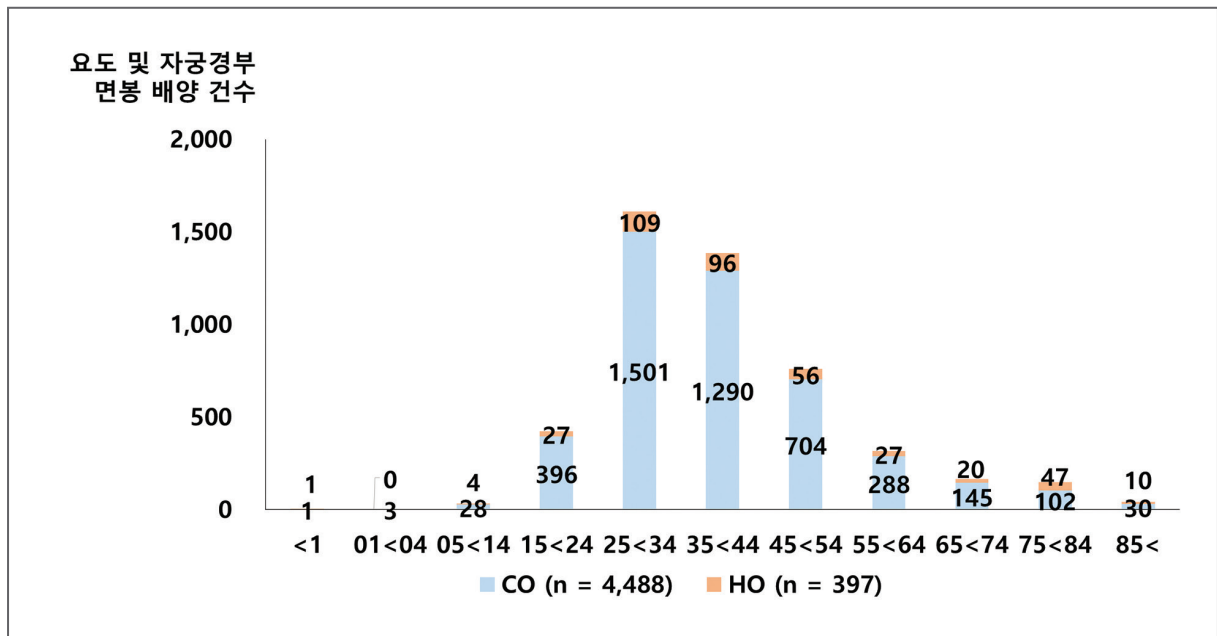


그림 2-7. 종합병원 연령별 요도 및 자궁경부 면봉 배양 검사 의뢰 건수

2. 2. 종합병원 수집 균주 현황

2019년 1년 동안 8개 권역 종합병원에서 총 13,327주가 수집되었다. 이 중 4,345주는 혈액 분리 균주였으며, 8,565주는 요 분리 균주였다. 그 외에 417주는 대변 분리 균주였다. 하지만 뇌척수액 분리 균주와 요도 및 자궁경부 면봉 분리 균주는 분리되지 않았다.

혈액에서 분리된 각 균종별 분리 균주수는 일부를 제외하고 2016년 및 2017년보다 증가하였다. 혈액 분리 *E. coli*는 1,939주로 여전히 가장 많았으며, *K. pneumoniae*가 716주, *S. aureus*가 683주로 다음으로 많았다. *E. faecium*과 *E. faecalis*는 각각 30주, 181주로 작년보다 다소 증가하였으며, *Acinetobacter* spp.는 225주, *P. aeruginosa*는 182주, *Salmonella* spp.는 47주, 그리고 *S. pneumoniae*는 36주였다. 요 분리 균주 중에서는 *E. coli*가 7,270주로 다소 증가하였으며, *K. pneumoniae*는 1,295주로 소폭 감소하였다. 대변 분리 균주는 *Salmonella* spp.가 140주였으며, *Shigella* spp.는 분리되지 않았다.

*C. difficile*은 2개 권역에서 총 305주가 분리되었고, 혈액 분리 28주와 대변 분리 277주가 분리되었다.

표 2-1. 검체에 따른 균종별 분리 건수

검체	균종	2016년*	2017년*	2018년*	2019년*
혈액(Blood)	<i>S. aureus</i>	398	708	743	683
	<i>E. faecalis</i>	116	175	179	181
	<i>E. faecium</i>	137	288	277	308
	<i>S. pneumoniae</i>	15	54	48	36
	<i>E. coli</i>	1,112	1,772	1,724	1,939
	<i>K. pneumoniae</i>	426	693	701	716
	<i>Acinetobacter</i> spp.	169	235	247	225
	<i>P. aeruginosa</i>	102	149	157	182
	<i>Salmonella</i> spp.	34	56	55	47
	<i>C. difficile</i> [§]	-	-	1	28
	Subtotal	2,509	4,130	4,132	4,345
요(Urine)	<i>E. coli</i>	4,474	7,874	7,255	7,270
	<i>K. pneumoniae</i>	823	1,256	1,299	1,295
	Subtotal	5,297	9,130	8,554	8,565
대변(Feces)	<i>Salmonella</i> spp.	71	172	163	140
	<i>Shigella</i> spp.	0	1	2	0
	<i>C. difficile</i> [§]	-	-	409	277
	Subtotal	71	173	574	417
비뇨생식기(Genital)	<i>N. gonorrhoeae</i>	0	1	0	0
뇌척수액(CSF)	<i>S. pneumoniae</i>	0	6	2	0
Total		7,877	13,440	13,262	13,327

* 2016년: 5월~12월, 6개 권역 수집센터

2017~2019년: 1월~12월, 8개 권역 수집센터

§ 2개 권역 수집센터

2. 2. 1. 월별 분리 건수

2019년 분리된 그람양성균의 경우 12월에 116주로 가장 많았고, 10월에 81주로 가장 적었다. 그람음성균의 경우, 2월에 1,130주로 가장 많았고, 9월에 865주로 가장 적었다. 하지만 월별 또는 계절별로 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다.

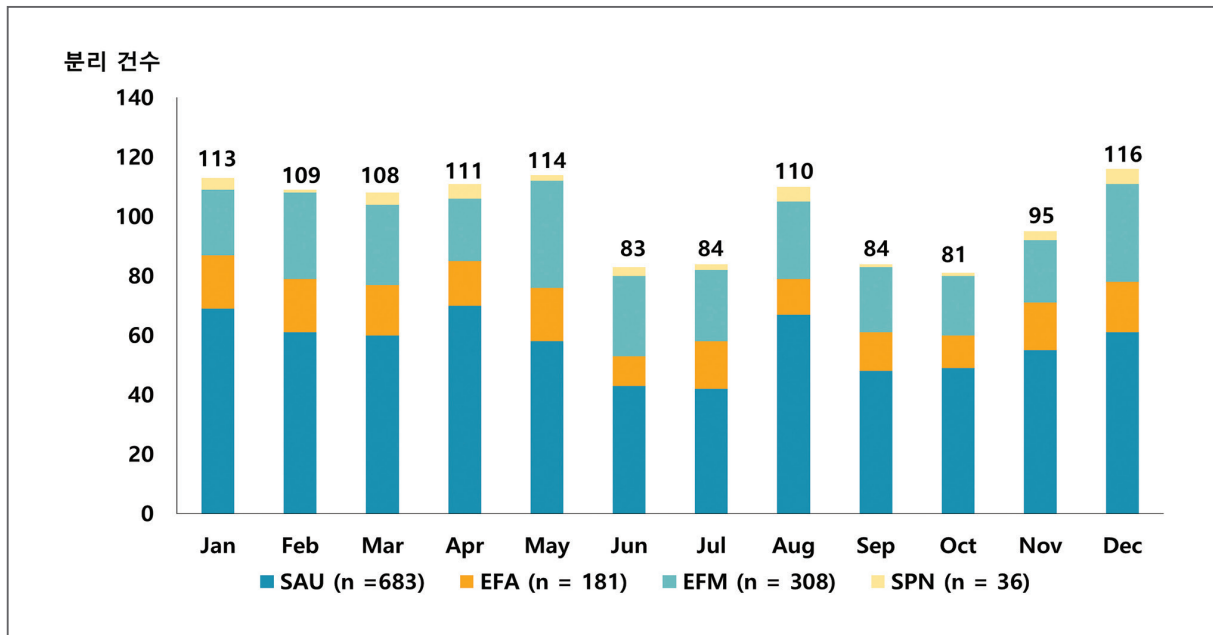


그림 2-8. 2019년 월별 그람양성균 분리 건수

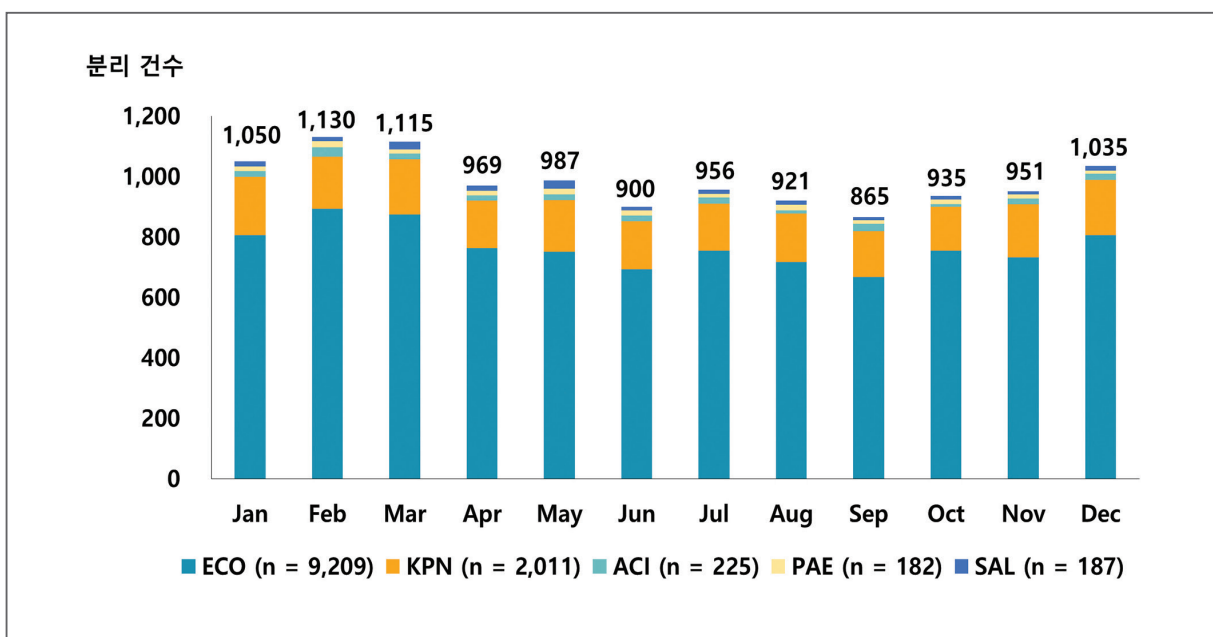


그림 2-9. 2019년 월별 그람음성균 분리 건수

2. 2. 2. 성별에 따른 분리 건수

혈액 분리 균주의 성별 분포를 확인하였을 때, *E. coli*를 제외한 모든 균종에서 남성의 비율이 높았다. *E. coli*의 경우 남성에서 771주, 여자에서 1,168주가 분리되었다. 요 분리 균주에서는 *E. coli*는 여성에서 5,326주, 남자에서 1,944주, *K. pneumoniae*는 여성에서 829주, 남성에서 466주로 두 균종 모두에서 여성의 빈도가 높았다. 요로감염의 경우, 비뇨기계의 해부학적 구조상 여성에서 흔한 것이 일반적이며, *E. coli* 혈류감염의 경우 요로감염의 악화로 발생하는 경우가 많기 때문에 여성에서 약 1.5배 정도 감염이 빈번함을 알 수 있다.

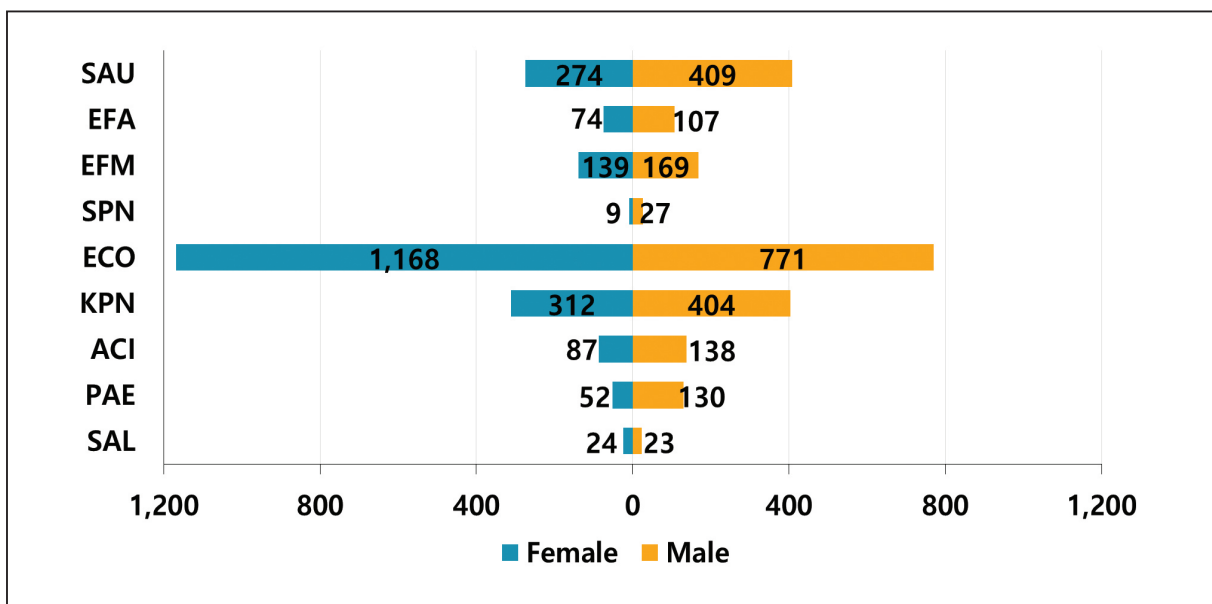


그림 2-10. 2019년 성별에 따른 혈액 분리 건수

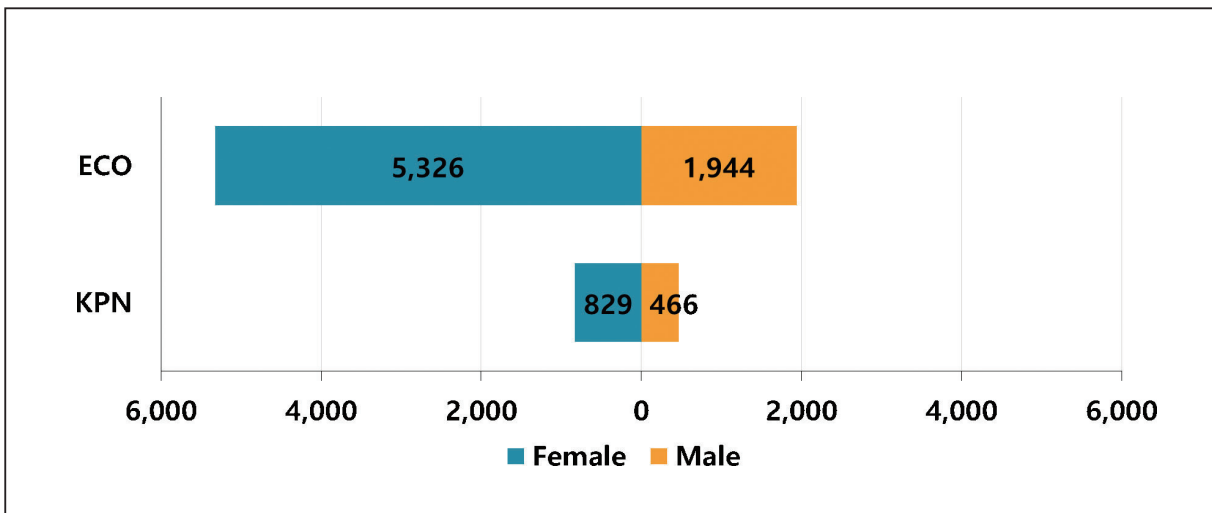


그림 2-11. 2019년 성별에 따른 요 분리 건수

2. 2. 3. 감염구분별(CO vs HO) 분리 건수

CO감염 및 HO감염으로부터 분리되는 주요 균종의 분포를 파악하는 것은 항균제 내성균 관리에서 중요하다. *E. coli*는 지역사회에서 주요한 대표 균종으로 CO감염 균주가 1,546주, HO감염 균주는 393주로 CO감염에서 약 4배정도 많았다. *S. pneumoniae*와 *Salmonella* spp. 균종도 지역사회에서 주요한 병원균으로서, CO감염 균주가 각각 30주, 44주, HO감염 균주가 각각 6주, 3주로, CO감염 균주의 비율이 매우 높았다.

반면에 *Acinetobacter* spp.와 Enterococci는 병원감염에서 주요한 균종으로, *Acinetobacter* spp.는 HO감염 균주는 191주, CO감염 균주는 34주였다. *E. faecalis*는 HO감염 균주가 103주였으며 CO감염 균주가 78주, *E. faecium*의 경우 HO감염 균주가 240주, CO감염 균주가 68주로 HO감염 균주의 비율이 매우 높았다.

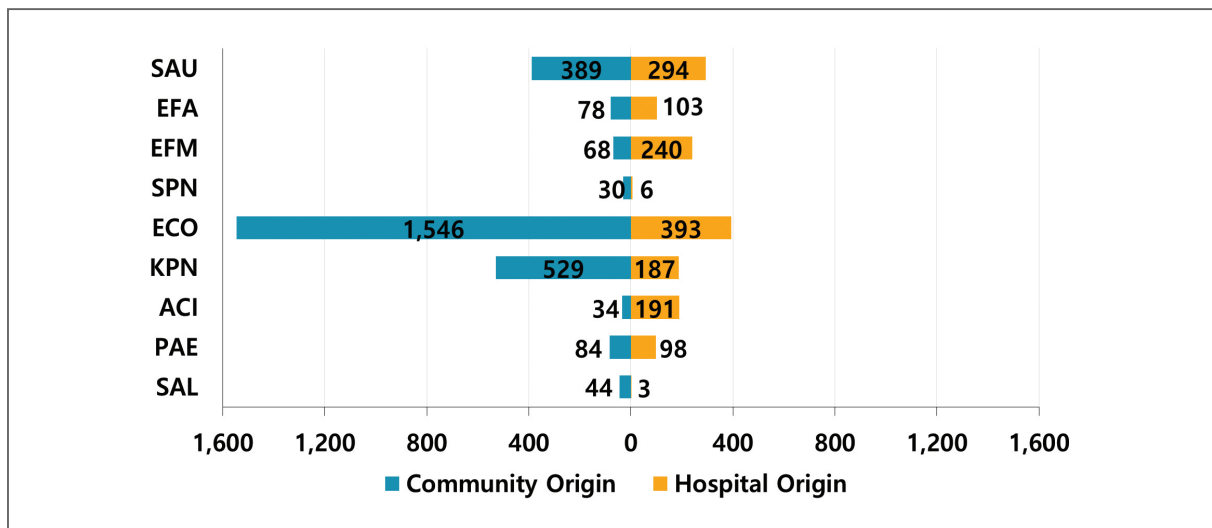


그림 2-12. 2019년 감염구분별 분리 건수

2. 3. 종합병원 수집 균종별 항균제 내성 현황

2. 3. 1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

혈액 분리 cefoxitin 내성 *S. aureus* (MRSA)의 비율은 전체 감염의 48.6%로 2018년보다 조금 증가하였고, CO감염의 32.4%, HO감염의 66.0%로 HO감염에서 MRSA 비율이 CO감염에 비해 여전히 높았다. Erythromycin과 clindamycin에 대한 내성 역시 2018년과 비교하여 약 3-4%정도 감소하였다. MRSA 감염의 주된 치료 약제인 vancomycin 및 linezolid에 대한 내성은 확인되지 않았고, quinupristin-dalfopristin 내성은 1% 미만이었으나 tigecycline 내성률은 5%로 증가하였다.

분리된 모든 MRSA 균주는 *mecA* 유전자를 가지고 있었고, SCCmec (Staphylococcal cassette mec) 유형 분석 결과, SCCmec IV형 (59.4%)로 가장 많았으며 SCCmec II형 (22.6%)이 다음으로 많았다.

2016년과 2017년의 결과와 비교하였을 때, ALL S 균주와 1-2DR 균주는 증가하였으며, MDR 균주는 꾸준히 감소하는 추세이다. MRSA는 SCCmec 유형에 따라 다른 항균제 내성 유전자를 포함하고 있는데, SCCmec II형은 2가지 이상 계열의 항균제에 동시 내성을 가지고 있는 경우가 많으며, 상대적으로 SCCmec IV형은 동시 내성을 가지는 경우가 적다. 따라서 2018년에 관찰된 MDR 균주 비율의 감소는 SCCmec 유형 비율 변화와 연관이 있을 것으로 판단된다.

표 2-2. *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 398)	2017 (n = 708)	2018 (n = 743)	2019 (n = 683)
Cefoxitin	53.5	53.2	47.1	48.6
Erythromycin	42.0	38.7	35.3	35.1
Clindamycin	28.4	24.7	20.9	19.0
Mupirocin-High	8.0	8.1	12.0	13.3
QDA*	1.8	0.7	0.1	0.3
SXT†	1.3	0.1	0.7	1.2
Vancomycin	0	0	0	0
Teicoplanin	0	0	0	0
Linezolid	0	0	0	0
Tigecycline	1.8	0.4	4.4	5.0

*QDA : Quinupristin dalfopristin, †SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

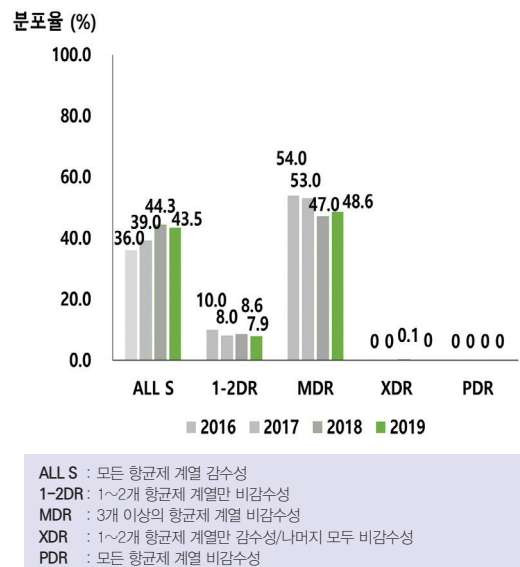


그림 2-13. 종합병원 *S. aureus* 다제내성 분포율

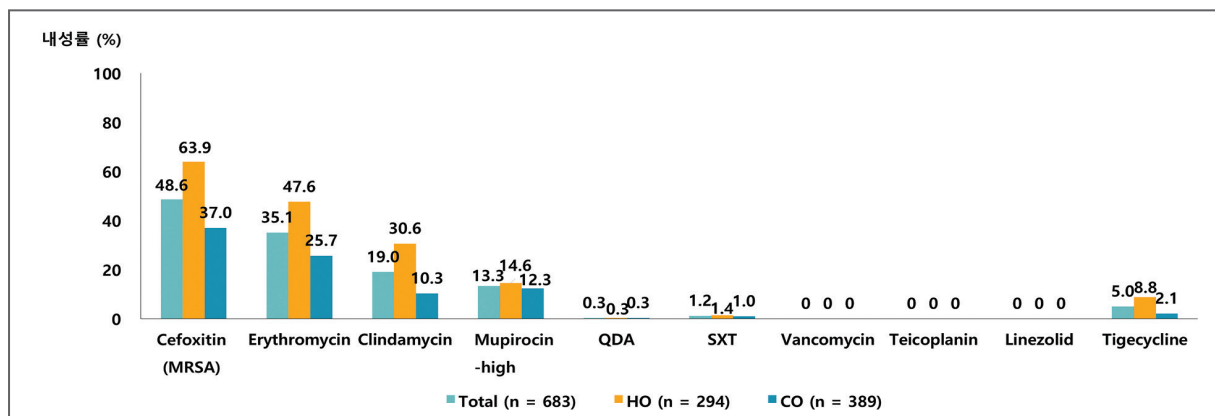


그림 2-14. 종합병원 *S. aureus* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 2. 장알균(*Enterococcus faecalis*)

혈액 분리 *E. faecalis*는 대부분 ampicillin에 감수성인 것으로 알려져 있으나, 2019년에는 5.5%로 작년보다 증가하였고 penicillin에 대한 내성률은 25.4%로 다소 감소하였다. *E. faecalis* 혈류감염의 치료에서 세포벽 합성억제 항균제와 병합요법에 사용되는 aminoglycoside 중 고농도 streptomycin에 대한 내성률은 6.6%로 증가하였으나, 임상에서 선호도가 높은 고농도 gentamicin에 대한 내성률은 22.1%로 다소 감소하였다. *E. faecalis*에서의 vancomycin 여전히 매우 드물지만 1.7%로 2018년보다 2배 증가하였다.

*E. faecalis*에서 MDR 균주는 여전히 그 비율이 낮아 7.7%였으며, ALL S 균주는 35.9%, 1-2DR 균주는 56.5%였다. PDR 및 XDR 균주는 확인되지 않았다.

표 2-3. *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n=116)	2017 (n=175)	2018 (n=179)	2019 (n=181)
Ampicillin	0	0.6	1.7	5.5
Penicillin	-	26.3	31.1	25.4
Ciprofloxacin	33.6	41.1	39.7	35.4
Gentamicin-High	25.9	26.9	29.6	22.1
Streptomycin-High	7.8	6.3	5.6	6.6
Tetracycline	70.7	73.7	74.9	68.5
Vancomycin	0	0.6	0.6	1.7
Teicoplanin	0	0.6	0.6	1.7
Linezolid	0	1.1	0	0.6
Tigecycline	0	0	0	0

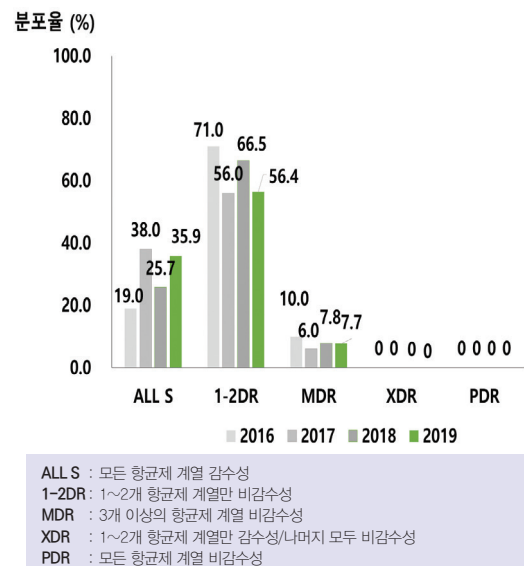


그림 2-15. 종합병원 *E. faecalis* 다제내성 분포율

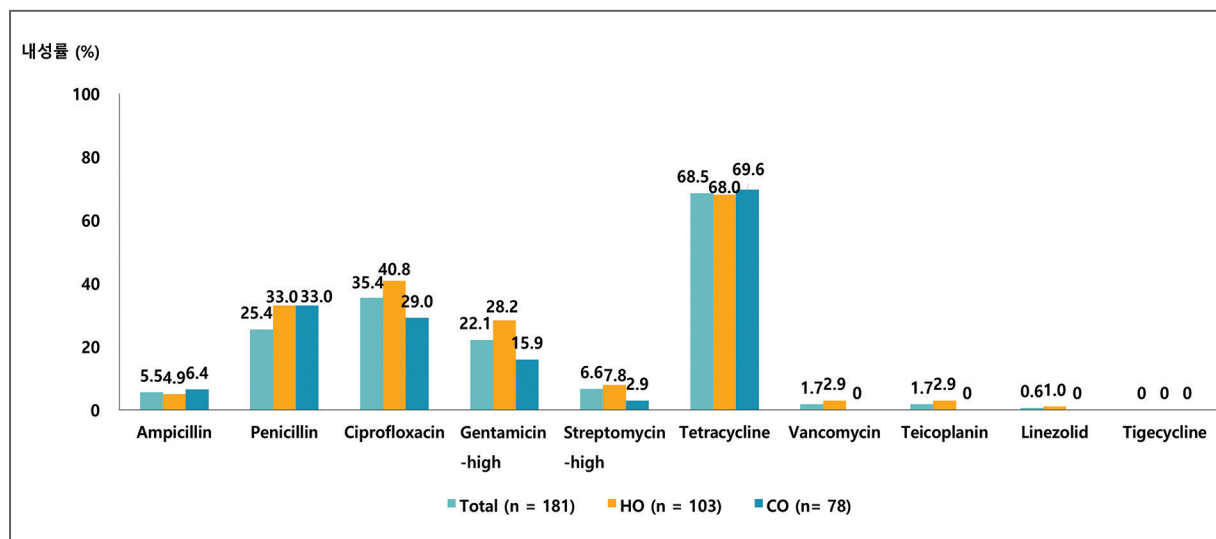


그림 2-16. 종합병원 *E. faecalis* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 3. 장알균(*Enterococcus faecium*)

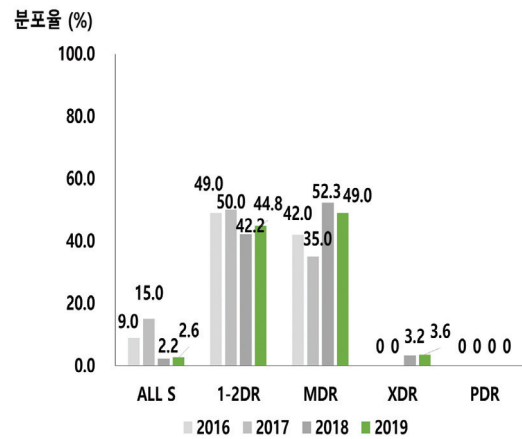
혈액 분리 *E. faecium*의 ampicillin 내성률은 90.3%로 여전히 매우 높았다. *E. faecium*의 vancomycin 내성률은 2017년 34.0%였으나 2018년에는 39.4%, 2019년에는 40.9%로 지속적으로 증가하였다. 그람양성알균에서 가장 중요한 내성균 중 하나인 vancomycin 내성 *E. faecium*(VREFM)은 HO감염에서 47.1%로 작년의 44.2%보다 증가하였다. VRE 감염의 치료 항균제인 linezolid에 대한 내성균은 발견되지 않았으나, quinupristin-dalfopristin 내성률이 8.4%로 내성균이 꾸준히 분리되고 있다. VREFM 균주는 모두 *vanA* 양성이었으며, *vanB*와 *vanM* 양성 균주는 확인되지 않았다.

*E. faecium*에서 MDR 균주의 비율은 52.3%에서 49.0%로 다소 감소하였으나 XDR 균주는 3.6%로 증가하였다.

표 2-4. *E. faecium*의 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n=137)	2017 (n=288)	2018 (n=277)	2019 (n=308)
Ampicillin	90.5	89.6	91.0	90.3
Ciprofloxacin	90.5	89.9	90.3	90.8
Gentamicin-High	21.2	18.1	21.3	23.7
Streptomycin-High	3.6	1.0	0	0.6
Tetracycline	11.7	14.9	15.9	12.0
QDA*	8.8	3.1	6.1	8.4
Vancomycin	29.9	34.0	39.4	40.9
Teicoplanin	20.4	18.8	27.1	34.7
Linezolid	0.7	0	0	0
Tigecycline	0	0.3	0	0

* QDA : Quinupristin dalfopristin



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-17. 종합병원 *E. faecium* 다제내성 분포율

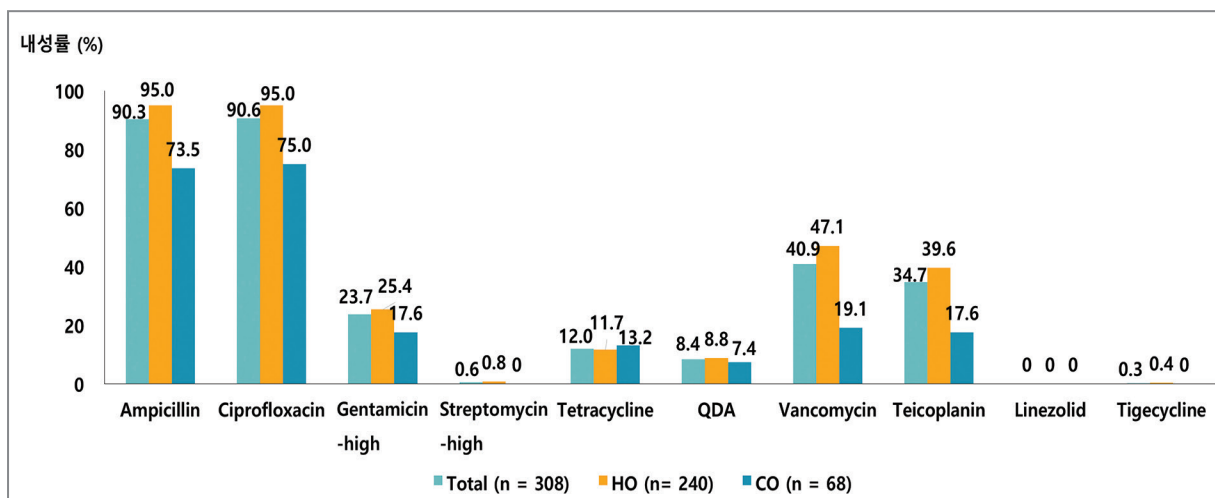


그림 2-18. 종합병원 *E. faecium* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 4. 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

혈액 분리 *S. pneumoniae*는 총 36주였다. Penicillin, cefotaxime, ceftriaxone의 내성률은 모두 2.8%로 비교적 낮게 유지되고 있으나 erythromycin의 내성률은 83.3%로 꾸준히 증가하고 있다. Fluoroquinolone 계열인 levofloxacin의 내성률은 2.8%로 2018년보 다소 증가하였다.

2019년에는 뇌척수액 분리 *S. pneumoniae*는 분리되지 않았다.

표 2-5. *S. pneumoniae*의 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 15)	2017 (n = 54)	2018 (n = 48)	2019 (n = 36)
Penicillin	0	9.3	8.3	2.8
Amoxicillin clavulanic acid (AMC)	6.7	18.5	25.0	27.8
Cefotaxime	0	1.9	6.3	2.8
Ceftriaxone	0	1.9	10.4	2.8
Cefuroxime	60.0	68.5	66.7	72.2
Erythromycin	80.0	75.9	77.1	83.3
Levofloxacin	0	3.7	2.1	2.8
Trimethoprim sulfamethoxazole (SXT)	26.7	31.5	27.1	25.0

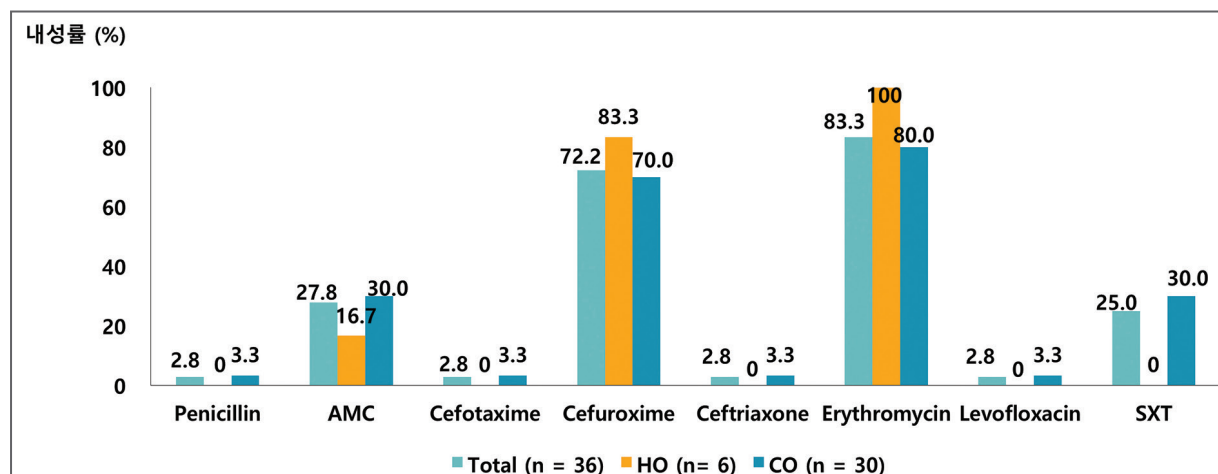


그림 2-19. 종합병원 *S. pneumoniae* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 5. 대장균(*Escherichia coli*)

혈액 분리 *E. coli* 중 67.5%가 ampicillin의 내성이었으며, 54.1%가 piperacillin 내성이었다. 3세대 cephalosporin 중 cefotaxime에 대한 내성률은 2018년 38.6%였으나, 2019년에는 37.1%로 감소하였으며, cefepime, aztreonam에 대한 내성률도 각각 20.2%, 20.0%로 감소하였다. 특히 HO감염 *E. coli*의 cefotaxime 내성률은 57.5%로 매우 높았다. Carbapenem 계열 항균제인 imipenem, meropenem, ertapenem에 대한 내성률은 1% 미만으로 낮았다.

3세대 cephalosporin 내성 *E. coli* 균주의 주된 내성기전은 ESBL 생성이었으며, 그 중 CTX-M-1형 (CTX-M-15, CTX-M-55, CTX-M-3)과 CTX-M-9형 (CTX-M-14, CTX-M-27)이 흔하게 확인되었다. Carbapenemase 생성 균주 및 ampC 생성 균주는 여전히 그 빈도가 낮았다.

E. coli 요로감염에서 가장 중요한 치료 항균제는 fluoroquinolone 계열 항균제로서 ciprofloxacin에 대한 내성률은 45.0%로 2018년보다 증가하였다. 3세대 cephalosporin 계열에 대한 내성률은 혈액 분리 *E. coli*와 유사하였고 cefotaxime과 ceftazidime에 대한 내성률은 각각 37.5%, 9.8%였다. 요 분리 *E. coli*에서도 carbapenem 계열의 imipenem, meropenem 및 ertapenem에 내성률은 모두 1.0% 미만으로 낮았다.

표 2-6. 혈액 분리 *E. coli*의 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n=1,112)	2017 (n=1,772)	2018 (n=1,724)	2019 (n=1,939)
Ampicillin	65.2	65.3	68.0	67.5
Piperacillin	54.7	54.0	57.0	54.1
SAM*	24.3	28.9	29.3	22.0
Cefazolin	42.6	40.6	45.5	45.0
Cefotaxime	35.4	32.4	38.6	37.1
Ceftazidime	11.3	11.8	12.7	10.2
Cefepime	21.4	20.3	24.8	20.2
Aztreonam	21.2	20.8	24.6	20.0
Cefoxitin	3.5	3.9	4.1	5.0
Imipenem	0.1	0.2	0.1	0.2
Meropenem	0	0.2	0.1	0.1
Ertapenem	0.2	0.2	0.2	0.3
Amikacin	0.7	0.8	1.0	0.5
Gentamicin	29.6	26.6	27.1	26.3
Ciprofloxacin	39.4	35.8	42.7	41.1
SXT†	30.8	31.4	36.0	36.7
Tigecycline	0.2	0.1	0	0.1
Colistin	0.1	0.2	0.1	0

* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

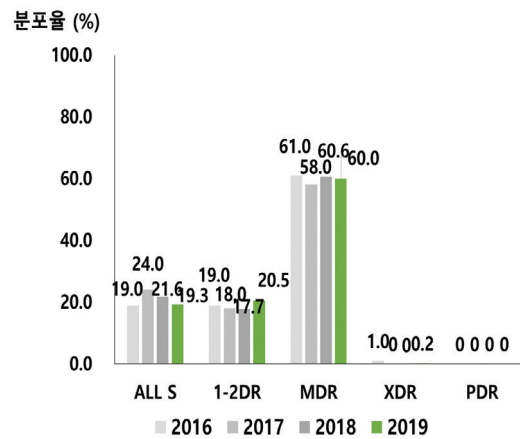


그림 2-20. 종합병원 혈액 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

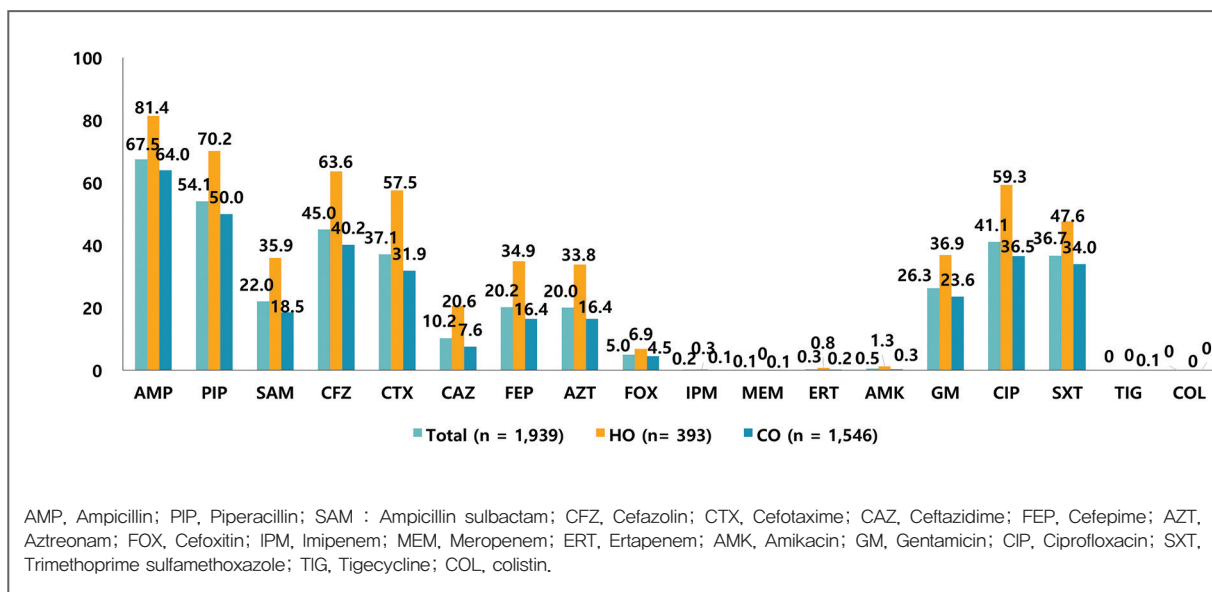


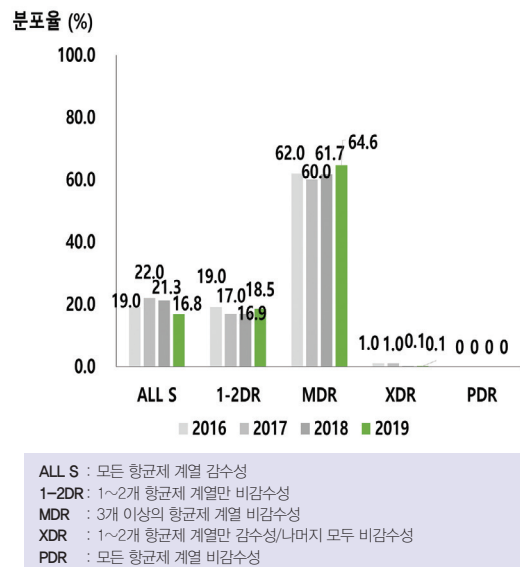
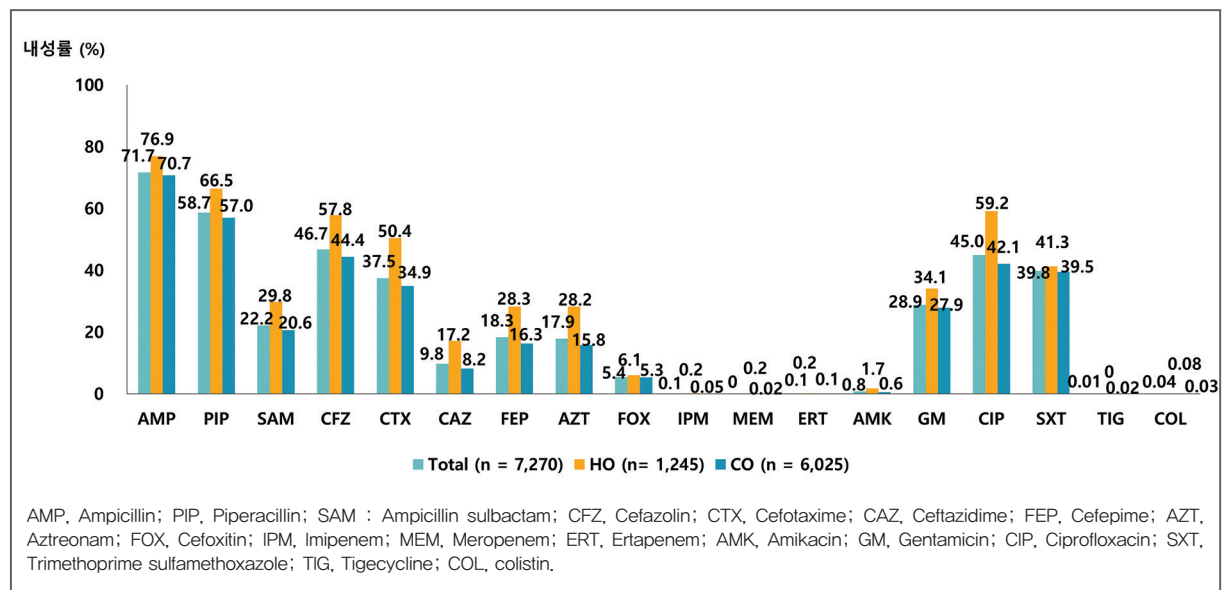
그림 2-21. 종합병원 혈액 분리 *E. coli* 감염구분별 항균제 내성률

표 2-7. 요 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 4,474)	2017 (n = 7,874)	2018 (n = 7,255)	2019 (n = 7,270)
Ampicillin	69.3	68.8	69.6	71.7
Piperacillin	57.5	56.7	55.8	58.7
SAM*	25.3	29.8	27.7	22.2
Cefazolin	43.7	40.9	43.2	46.7
Cefotaxime	31.6	31.3	33.2	37.5
Ceftazidime	9.9	10.3	10.2	9.8
Cefepime	17.7	17.6	18.1	18.3
Aztreonam	17.4	17.9	18.4	17.9
Cefoxitin	4.0	4.9	6.0	5.4
Imipenem	0.0	0.0	0.1	0.1
Meropenem	0.0	0.0	0	0.02
Ertapenem	0.1	0.1	0.2	0.1
Amikacin	1.3	0.9	0.9	0.8
Gentamicin	30.9	27.1	27.4	28.9
Ciprofloxacin	44.5	40.9	40.7	45.0
SXT†	37.7	36.0	37.8	39.8
Tigecycline	0.1	0.1	0.1	0.02
Colistin	0.2	0.2	0.1	0.03

* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

그림 2-22. 종합병원 요 분리 *E. coli* 다제내성 분포율그림 2-23. 종합병원 요 분리 *E. coli* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 6. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

혈액 분리 *K. pneumoniae* 균주의 cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 CO감염에서는 각각 14.4%, 8.9%로 확인되었고, HO감염에서 각각 54.5%, 39.0%로 CO감염보다 매우 높게 확인되었다. Carbapenem 계열의 항균제인 imipenem, meropenem, ertapenem에 대한 내성률은 CO감염에서는 각각 모두 0.4%로 상대적으로 낮게 유지되고 있고 HO감염에서는 각각 2.7%, 2.7%, 3.2%로 2018년보다 감소하였다. Carbapenem 내성균은 대부분의 beta-lactam 계열의 항균제에 대해 내성인 경우가 많으며, carbapenem 계열 항균제에 대한 내성은 carbapenemase 생성에 의한 경우가 많아, 주의를 요하는 다제내성균이다.

혈액분리 *K. pneumoniae*의 MDR 균주는 26.1%로, ESBL 생성 균주가 대부분을 차지하며, XDR 균주는 3.1%로 증가하였고 carbapenemase 생성 균주가 이에 포함된다.

요 분리 *K. pneumoniae* 균주의 항균제 내성률은 혈액 분리 균주의 항균제 내성률보다 전반적으로 높았다. Cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 전체 감염에서 각각 41.8%, 25.8%, CO감염에서 각각 30.5%, 18.6%, HO감염에서 각각 60.6%, 37.7%로 2018년에 비하여 큰 차이를 보이지 않았다. Carbapenem 계열 항균제에 대한 내성률은 증가되는 양상을 보이며 2019년 ertapenem에 대한 내성률은 1.4%로 2018년에는 1.0%보다 소폭 증가하였다.

표 2-8. 혈액 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 426)	2017 (n = 693)	2018 (n = 701)	2019 (n = 716)
Piperacillin	29.8	28.9	31.0	29.6
SAM*	24.2	27.0	26.1	20.5
Cefazolin	30.5	28.1	29.1	27.0
Cefotaxime	27.0	26.1	27.1	24.9
Ceftazidime	20.0	21.2	20.7	16.8
Cefepime	19.5	20.6	20.5	17.0
Aztreonam	22.8	23.4	24.0	19.8
Cefoxitin	7.3	6.3	7.1	4.1
Imipenem	1.6	0.7	1.4	1.0
Meropenem	1.6	0.9	1.7	1.0
Ertapenem	2.1	1.0	2.1	1.1
Amikacin	3.5	2.6	2.7	0.7
Gentamicin	13.8	12.0	14.8	12.8
Ciprofloxacin	20.2	18.9	22.7	17.6
SXT†	20.7	18.6	23.5	23.5
Tigecycline	1.4	0.6	2.1	2.1
Colistin	0.7	0.6	0.4	1.0

* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

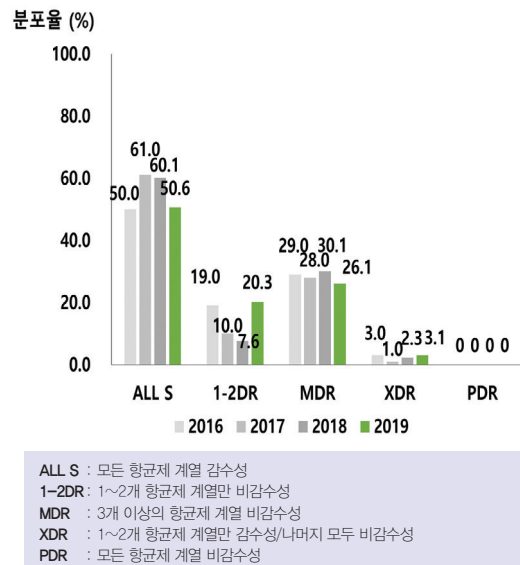
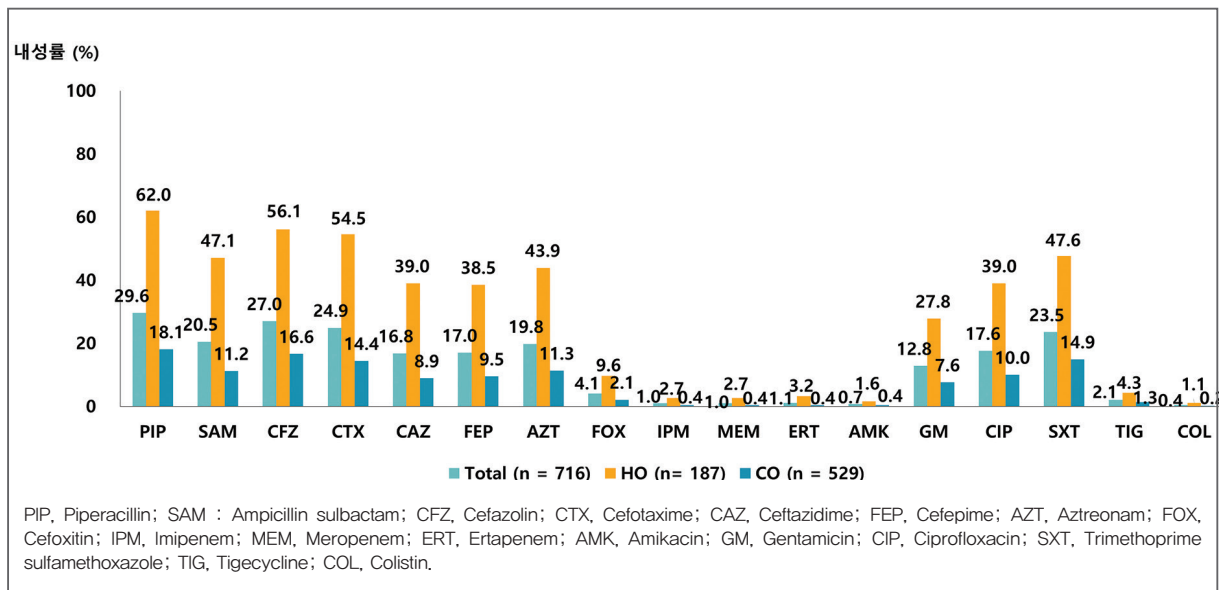
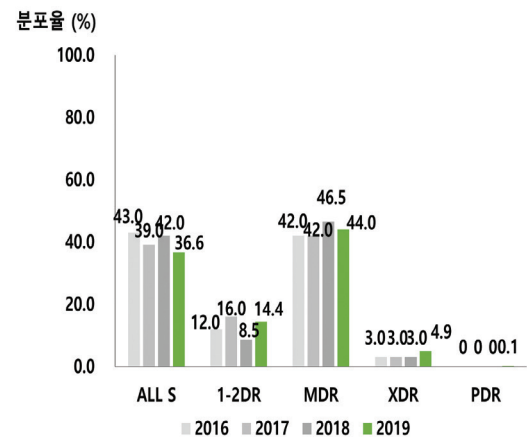
그림 2-24. 종합병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 다제내성 분포율그림 2-25. 종합병원 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 감염구분별 항균제 내성률

표 2-9. 요 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 823)	2017 (n = 1,256)	2018 (n = 1,299)	2019 (n = 1,295)
Piperacillin	45.1	45.0	49.1	48.0
SAM*	36.6	39.9	41.3	37.5
Cefazolin	43.4	42.4	46.7	45.2
Cefotaxime	39.7	39.0	41.8	41.8
Ceftazidime	28.9	28.8	28.1	25.8
Cefepime	27.5	26.6	27.9	26.9
Aztreonam	31.5	32.1	9.9	9.0
Cefoxitin	8.6	9.4	32.4	30.5
Imipenem	0.5	1.4	0.6	1.2
Meropenem	0.5	1.4	0.7	1.2
Ertapenem	0.9	1.6	1.0	1.4
Amikacin	3.0	3.1	1.9	1.8
Gentamicin	19.8	22.3	21.7	25.8
Ciprofloxacin	32.8	31.9	32.5	31.9
SXT†	34.8	34.7	38.2	40.1
Tigecycline	2.6	1.4	2.2	4.6
Colistin	0.9	0.7	0.9	1.0

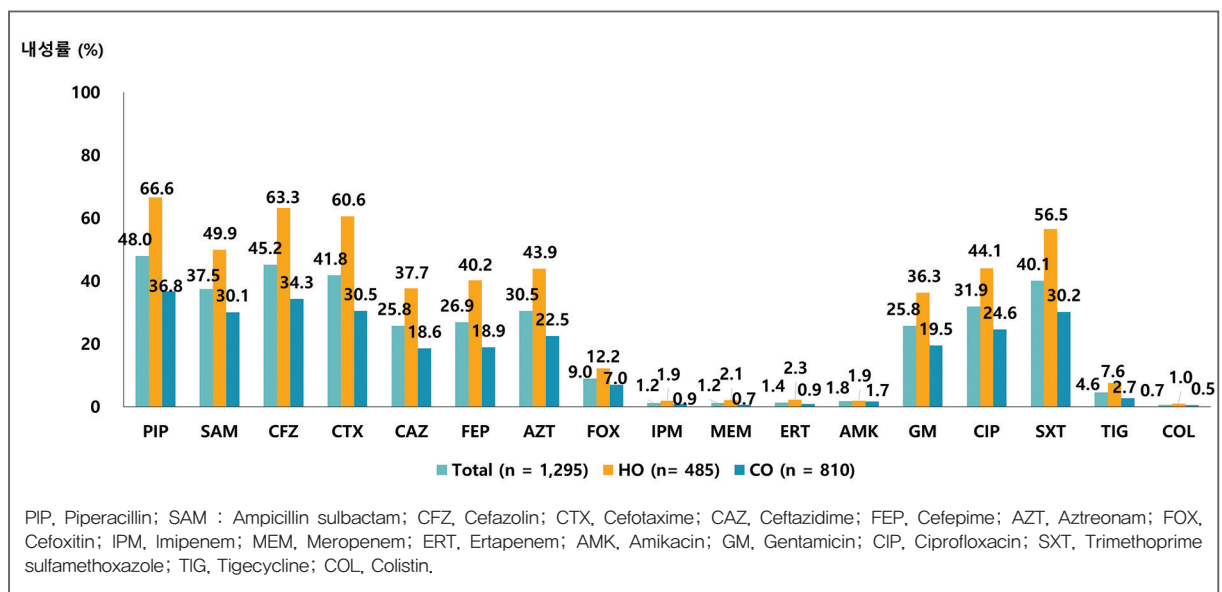
* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-26. 종합병원 요 분리 *K. pneumoniae* 다제내성 분포율



PIP, Piperacillin; SAM : Ampicillin sulbactam; CFZ, Cefazolin; CTX, Cefotaxime; CAZ, Ceftazidime; FEP, Cefepime; AZT, Aztreonam; FOX, Cefoxitin; IPM, Imipenem; MEM, Meropenem; ERT, Ertapenem; AMK, Amikacin; GM, Gentamicin; CIP, Ciprofloxacin; SXT, Trimethoprim sulfamethoxazole; TIG, Tigecycline; COL, Colistin.

그림 2-27. 종합병원 요 분리 *K. pneumoniae*의 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

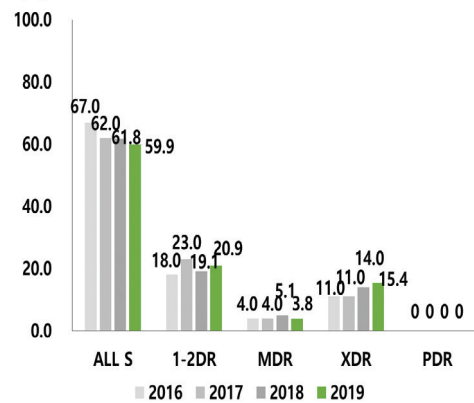
혈액 분리 *P. aeruginosa* 균주의 piperacillin에 대한 내성률은 11.1%로 작년에 비해 다소 감소했고 항-녹농균 cephalosporin인 ceftazidime에 대한 내성률은 12.6%로 작년과 비슷하였다. 국내에서 가장 널리 사용되고 있는 carbapenem 계열 항균제인 meropenem에 대한 내성률은 2018년 24.2%에서 2019년 23.6%로 다소 감소하였으나 같은 기간 imipenem 내성률은 17.8%에서 25.8%로 증가되었다.

XDR 균주의 비율은 2017년 11.0%, 2018년 14.0%에 이어 2019년에는 15.4%로 지속적으로 증가하고 있어 지속적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다.

표 2-10. 혈액 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n=102)	2017 (n=149)	2018 (n=157)	2019 (n=182)
Piperacillin	11.8	14.1	12.1	11.0
Piperacillin tazobactam	9.8	12.1	8.9	9.9
Ceftazidime	9.8	14.1	12.7	12.6
Cefepime	11.8	10.7	13.4	14.3
Imipenem	17.6	19.5	17.8	25.8
Meropenem	14.7	18.1	24.2	23.6
Amikacin	6.9	5.4	7.6	14.8
Gentamicin	10.8	8.7	12.1	17.0
Tobramycin	9.8	6.0	10.8	14.3
Ciprofloxacin	15.7	15.4	20.4	20.3
Colistin	0	0	0	0

분포율 (%)



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1~2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-28. 종합병원 *P. aeruginosa* 다제내성 분포율

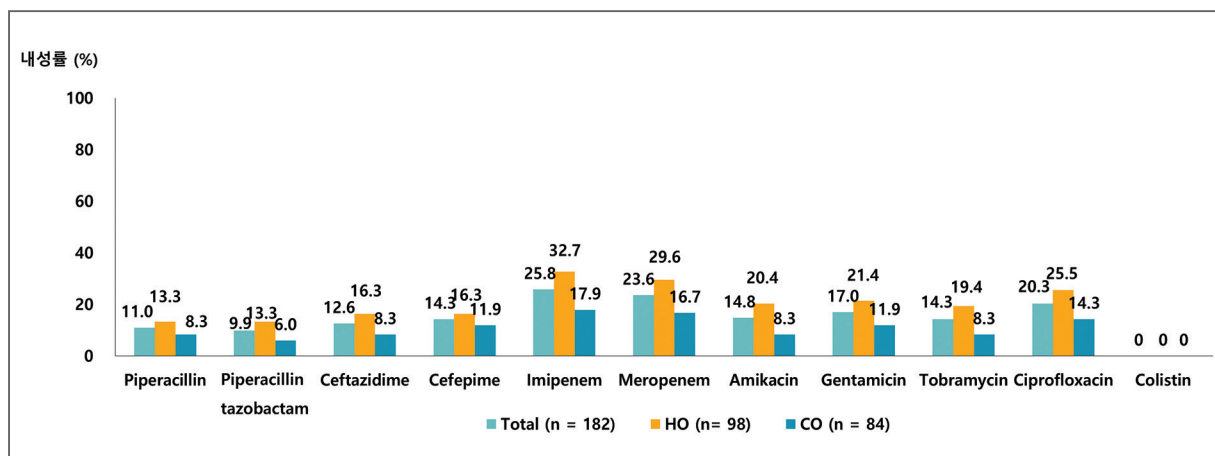


그림 2-29. 종합병원 *P. aeruginosa*의 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 8. 아시네토박터균속(*Acinetobacter* spp.)

Acinetobacter 균속의 혈액 분리 균주 중 *A. baumannii*가 187주였으며, non-*baumannii* *Acinetobacter*가 38주였다. *A. baumannii* 혈액 분리 균주의 90.3%가 imipenem과 meropenem에 내성이고 일부를 제외하고 OXA-23을 가지고 있었는데 이는 carbapenem 내성 *A. baumannii*의 주요 내성 기전은 OXA-23 생성이라는 것을 의미한다. Carbapenem 내성 *A. baumannii*는 대부분 XDR 균주였다.

반면 non-*baumannii* *Acinetobacter*의 경우 carbapenem 내성 균주가 상대적으로 적었고 imipenem과 meropenem에 대한 내성률은 각각 8.1%였다. 다만, 모든 항균제에 대해 감수성인 균주의 비율이 점점 감소하고 있으며, 1-2DR 균주는 28.9%, MDR 균주는 10.5%로 증가하고 있어서 지속적인 관찰이 필요한 것으로 판단된다.

표 2-11. 혈액 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n=131)	2017 (n=203)	2018 (n=210)	2019 (n=187)
Piperacillin	88.5	93.1	89.5	90.8
SAM*	71.0	81.3	76.2	77.8
Ceftazidime	84.7	87.7	86.7	90.8
Cefepime	87.8	92.6	90.5	91.4
Imipenem	87.8	92.1	89.0	90.3
Meropenem	87.8	92.1	89.0	90.3
Amikacin	68.7	70.9	64.8	71.4
Gentamicin	69.5	75.9	66.7	76.2
Tobramycin	67.9	71.9	64.8	74.1
Ciprofloxacin	88.5	92.1	90.5	90.8
Minocycline	1.5	2.0	0.5	12.2
Tigecycline	3.8	5.4	2.9	16.8
Colistin	0.8	0	0	0.5

* SAM : Ampicillin sulbactam

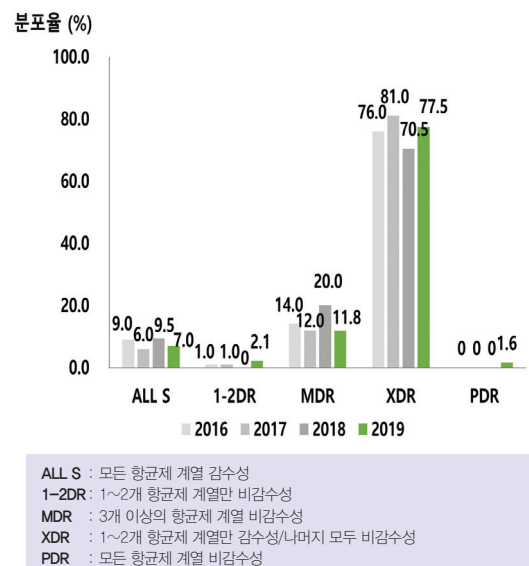


그림 2-30. 종합병원 *A. baumannii* 다제내성 분포율

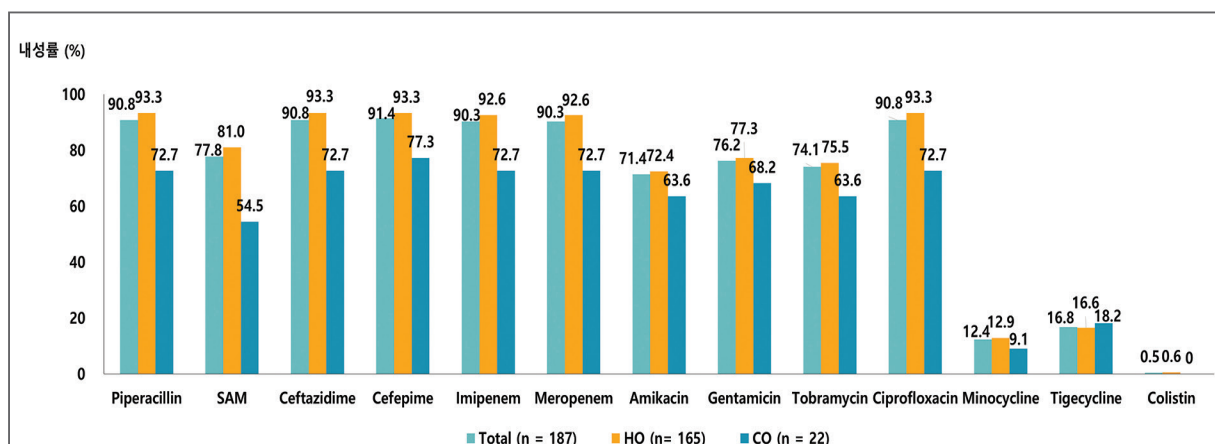
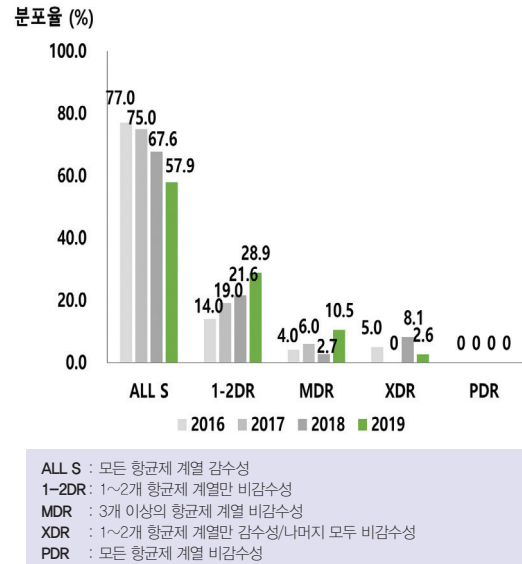
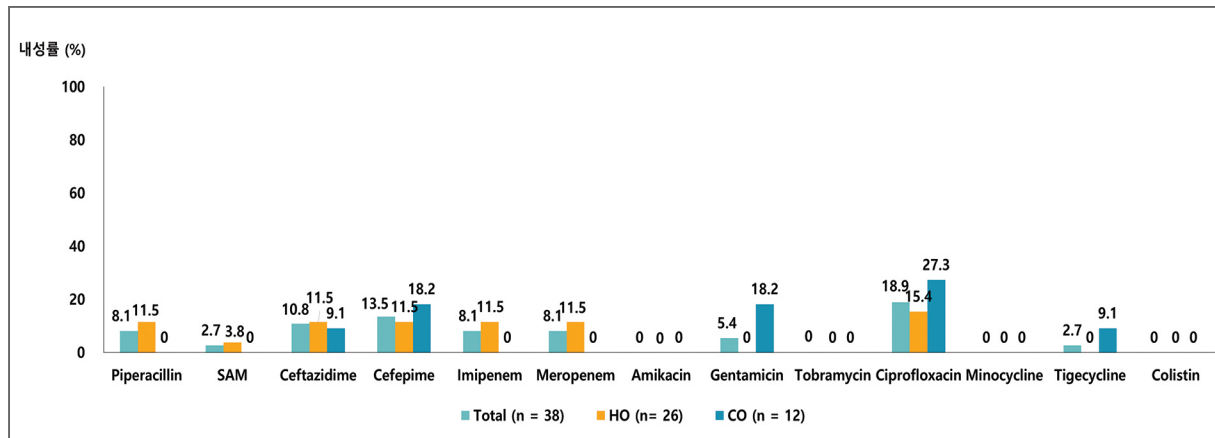


그림 2-31. 종합병원 *A. baumannii*의 감염구분별 항균제 내성률

표 2-12. 혈액 분리 *non-baumannii Acinetobacter* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 38)	2017 (n = 32)	2018 (n = 37)	2019 (n = 38)
Piperacillin	10.5	9.4	24.3	8.1
SAM*	2.6	9.4	5.4	2.7
Ceftazidime	5.3	3.1	13.5	10.8
Cefepime	7.9	3.1	10.8	13.5
Imipenem	5.3	3.1	13.5	8.1
Meropenem	5.3	3.1	16.2	8.1
Amikacin	13.2	3.1	5.4	0
Gentamicin	15.8	6.3	8.1	5.4
Tobramycin	7.9	0	5.4	0
Ciprofloxacin	10.5	6.3	13.5	18.9
Minocycline	0	0	0	0
Tigecycline	0	0	0	2.7
Colistin	0	0	0	0

* SAM : Ampicillin sulbactam

그림 2-32. 종합병원 *non-baumannii Acinetobacter* 다제내성 분포율그림 2-33. 종합병원 *non-baumannii Acinetobacter*의 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 9. 살모넬라균속(*Salmonella* spp.)

Salmonella 균속의 cefotaxime에 대한 내성률은 9.6%로 대변 분리주(10.7%)에서 혈액 분리주(6.4%)보다 다소 높았다. Ciprofloxacin 내성률은 4.3%(혈액 분리주: 3.6%, 대변 분리주: 6.4%)로 낮게 유지되고 있으나 중등도 내성률이 35.3%로 높아 앞으로 내성률이 더 증가할 가능성이 있다. 따라서 내성률에 대한 지속적이 관찰이 필요하다. Imipenem에 대한 내성 균주는 관찰되지 않았다.

Salmonella 균속은 알려진 다제내성의 판정 기준이 없어 분포율을 나타낼 수 없었다.

표 2-13. *Salmonella* spp.의 항균제 내성률 (%)

Antmicrobials	2016 (n = 105)	2017 (n = 228)	2018 (n = 218)	2019 (n = 187)
Cefotaxime	4.8	8.8	8.7	9.6
Ceftazidime	2.9	6.1	6.9	7.5
Imipenem	0	0	0	0
Azithromycin	1.0	0.4	2.3	1.1
Ciprofloxacin*	0 (15.2)	3.0 (27.6)	3.2 (28.9)	4.3 (35.3)

* Ciprofloxacin의 경우 비감수성률(Non-susceptibility rate)을 표기함.

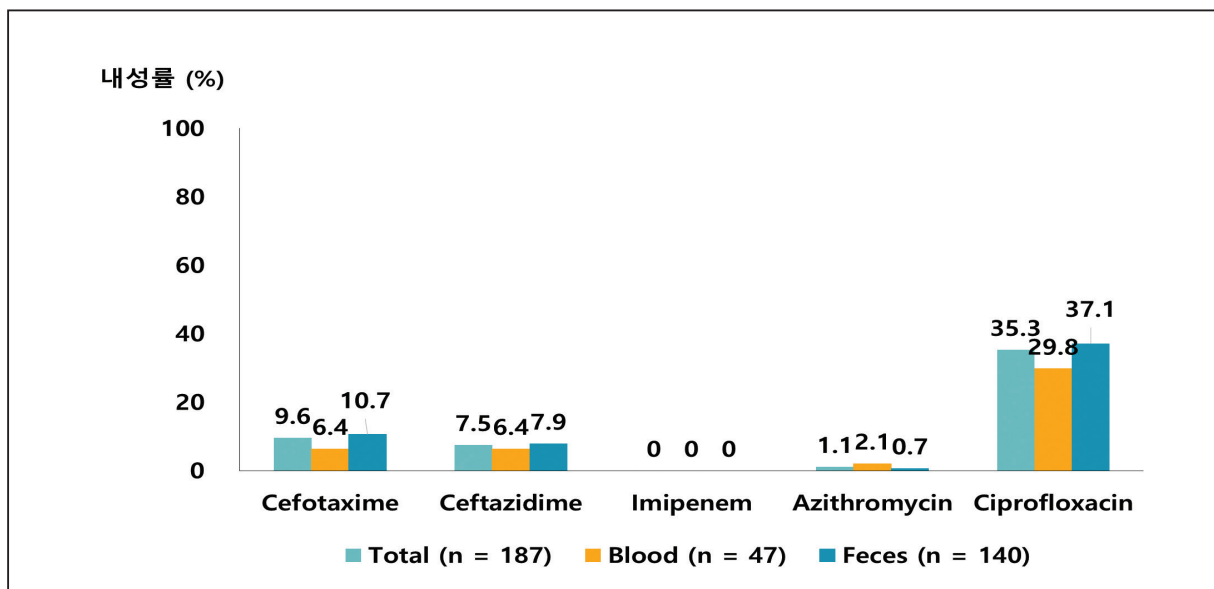


그림 2-34. 종합병원 *Salmonella* spp.의 검체별 항균제 내성률



2. 3. 10. 세균성이질균속(*Shigella* spp.)

대변 및 혈액 분리 *Shigella* spp.는 분리되지 않았다.

2. 3. 11. 임균(*Neisseria gonorrhoeae*)

요도 및 자궁경부 면봉 분리 *N. gonorrhoeae*는 분리되지 않았다.



2. 3. 12. 클로스트리디오이드 디피실균(*Clostridioides difficile*)

Kor-GLASS에서는 *C. difficile*에 대한 감시를 2018년부터 2개 수집센터를 대상으로 시작하였다. *C. difficile* 감염의 치료 항균제인 metronidazole과 vancomycin에 대한 내성균주는 확인되지 않았다. 다만 보조요법으로 사용되는 rifaximin에 대한 내성률은 39.3%였다.

Fluoroquinolone은 대부분의 장내세균에 항균력을 보이지만 *C. difficile*에는 효과가 없기 때문에 *C. difficile* 감염에 있어서 fluoroquinolone 사용률이 중요한 위험인자로 알려져 있다. 2019년 수집된 *C. difficile*에서 moxifloxacin에 대한 내성률은 전체분리주의 39.3%, CO감염 분리균주의 33.0%, HO감염 분리균주의 43.2%로 매우 높았다. 또한 beta-lactam 계열 항균제에 대한 내성률도 높아 ampicillin에 대한 내성이 20.0%였으며, cefotetan 내성률 25.9%, imipenem 내성률도 48.2%로 비교적 높았다.

표 2-14. *C. difficile*의 항균제 내성률 (%)

Antmicrobials	2016 (n = 0)	2017 (n = 1)	2018 (n = 410)	2019 (n = 305)
Ampicillin	–	–	11.5	20.0
Cefotetan	–	–	33.2	25.9
Imipenem	–	–	44.1	48.2
Clindamycin	–	–	68.3	70.5
Chloramphenicol	–	–	1.2	0.7
Tetracycline	–	–	16.6	14.4
Rifaximin	–	–	16.8	13.1
Moxifloxacin	–	–	44.4	39.3
Vancomycin	–	–	0	0
Metronidazole	–	–	0	0

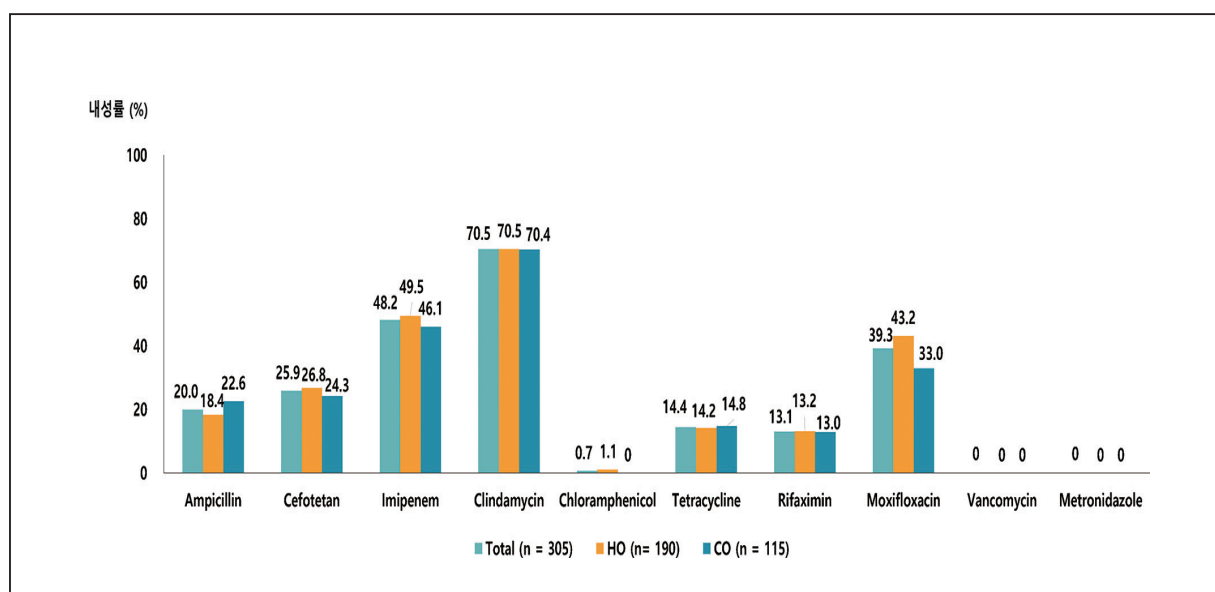


그림 2-35. 종합병원 *C. difficile*의 감염구분별 항균제 내성률

2. 4. 주요 내성균의 부담률

감염구분별 주요내성균의 부담률을 분석하였을 때, CO감염에 비해 HO감염 환자에서 주요 내성균의 부담률이 월등히 높았다. 또한, CO감염에서는 cefotaxime 내성 *E. coli*와 fluoroquinolone 내성 *E. coli*가 대부분의 감염부담을 차지한 반면, HO감염에서는 MRSA, VREFM, 및 carbapenem 내성 *A. baumannii*의 감염부담률이 상대적으로 높았다.

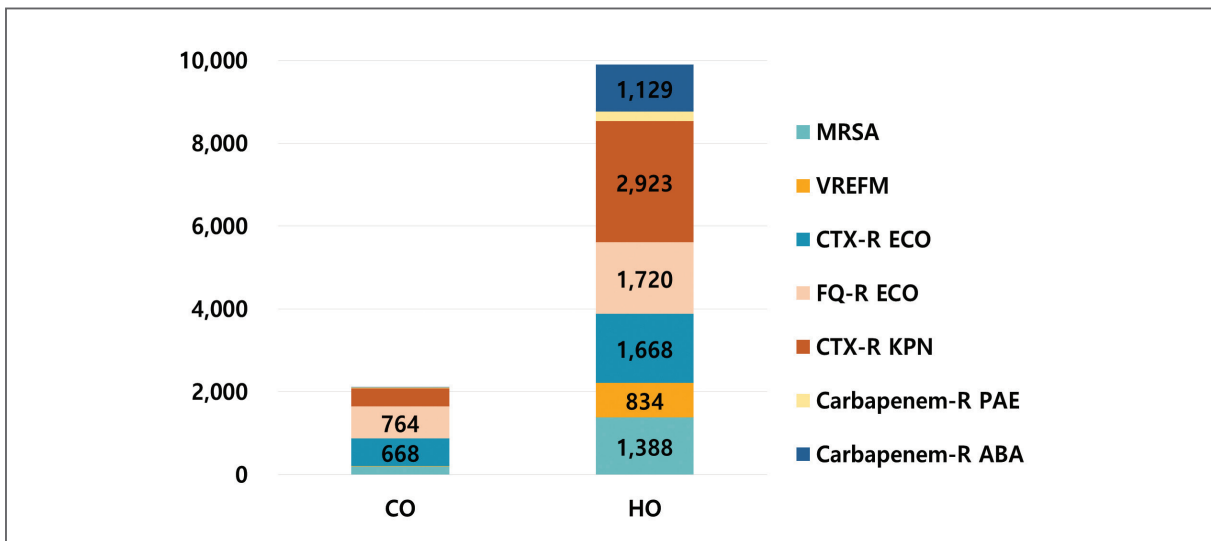


그림 2-36. 혈류감염 환자 100,000명당 감염구분별 주요 내성균의 부담률

성별 주요내성균 부담률을 비교하였을 때, 큰 차이는 보이지 않았으나, 여성의 혈류감염에서 cefotaxime 내성 *E. coli*와 fluoroquinolone 내성 *E. coli*의 부담률이 컸으며, 남성에서는 MRSA와 carbapenem 내성 *A. baumannii*의 부담률이 컸다.

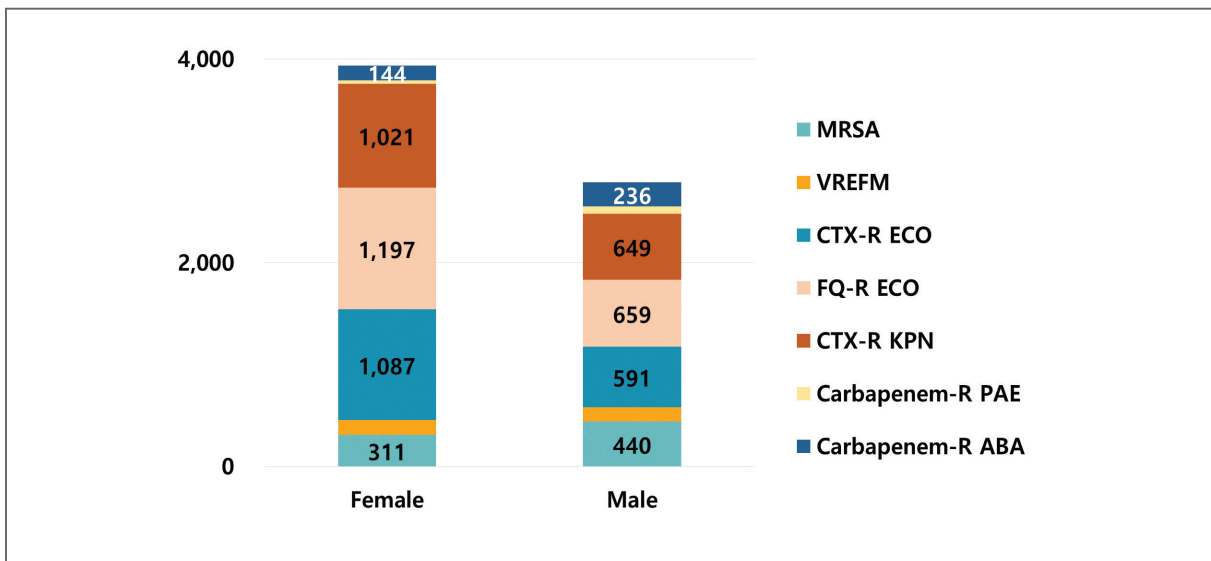


그림 2-37. 혈류감염 환자 100,000명당 성별 주요 내성균의 부담률

III

국내
항균제 내성균
조사 결과
(요양병원)

III 국내 항균제 내성균 조사 결과 (요양병원)

3. 1. 요양병원 수집 균주 현황

2019년 요양병원에서 수집된 균주는 총 1,137주였으며, 혈액 분리 균주가 269주, 요 분리 균주가 868주였다. 혈액 분리 균주 중 *E. coli*가 67주로 가장 많았으며, *S. aureus*가 49주, *E. faecalis*가 46주, *A. baumannii*가 36주, *P. aeruginosa*가 32주, *E. faecium*이 25주, 그리고 *K. pneumoniae*가 14주 었다.

요양병원의 요 분리 균주는 *E. coli*가 638주, *K. pneumoniae*가 230주였다.

표 3-1. 연도에 따른 중소/요양병원 분리 건수

검체	균종	중소병원*		요양병원			
		2016	2017	2016	2017	2018	2019
혈액(Blood)	<i>S. aureus</i>	7	33	13	53	47	49
	<i>E. faecalis</i>	3	20	7	18	63	46
	<i>E. faecium</i>	1	19	20	30	35	25
	<i>E. coli</i>	30	106	19	94	73	67
	<i>K. pneumoniae</i>	9	24	9	34	24	14
	<i>K. pneumoniae</i>	9	24	9	34	24	14
	<i>P. aeruginosa</i>	0	12	8	34	13	32
	<i>A. baumannii</i>	1	3	15	23	27	36
	<i>Salmonella</i> spp.	1	3	0	0	0	0
	Subtotal	61	244	100	320	306	283
요(Urine)	<i>E. coli</i>	603	1,703	228	851	666	638
	<i>K. pneumoniae</i>	92	246	68	204	164	230
	Subtotal	695	1,949	296	1,055	830	868
대변(Feces)	<i>Salmonella</i> spp.	12	4	0	0	1	0
Total		759	2,173	387	1,341	1,113	1,137

사업기간: 2016-2017년

3. 2. 요양병원 수집 균종별 항균제 내성 현황

3. 2. 1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

혈액 분리 *S. aureus*는 총 49주가 수집되었으며, 수집 균주의 89.8%가 cefoxitin에 내성인 MRSA 였다. 또한, 요양병원 분리 균주의 erythromycin, clindamycin, mupirocin에 대한 내성률은 각각 53.1%, 16.3%, 71.4%로 높았으며, 이는 동반내성이 많은 SCCmec II형 MRSA가 확산되어 있음을 의미한다. 반면에, vancomycin 중간내성 *S. aureus* (VISA) 및 vancomycin 내성 *S. aureus* (VRSA)는 발견되지 않았으며, oxazolidinone 계열의 항균제인 linezolid에 대해서도 모두 감수성이었다.

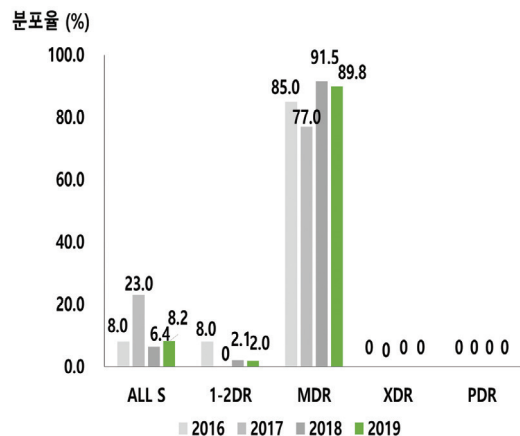
요양병원 분리 *S. aureus*에서의 MDR 균주의 비율은 89.8%로 종합병원 분리 *S. aureus*의 MDR 비율 48.6%보다 훨씬 높았다. 다만, quinupristin-dalfopristin, vancomycin, teicoplanin, linezolid, tigecycline등에 대한 내성률이 매우 낮아 XDR 및 PDR균주는 관찰되지 않았다.

표 3-2. 요양병원 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 13)	2017 (n = 53)	2018 (n = 47)	2019 (n = 49)
Cefoxitin	76.9	77.4	91.5	89.8
Erythromycin	61.5	56.6	72.3	53.1
Clindamycin	53.8	30.2	36.2	16.3
Mupirocin-High	38.5	30.2	31.9	71.4
QDA*	0	0	0	0
SXT†	7.7	0	0	0
Vancomycin	0	0	0	0
Teicoplanin	0	0	0	0
Linezolid	0	0	0	0
Tigecycline	0	0	6.4	2.0

* QDA : Quinupristin dalfopristin

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1~2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 3-1. 요양병원 *S. aureus* 다제내성 분포율

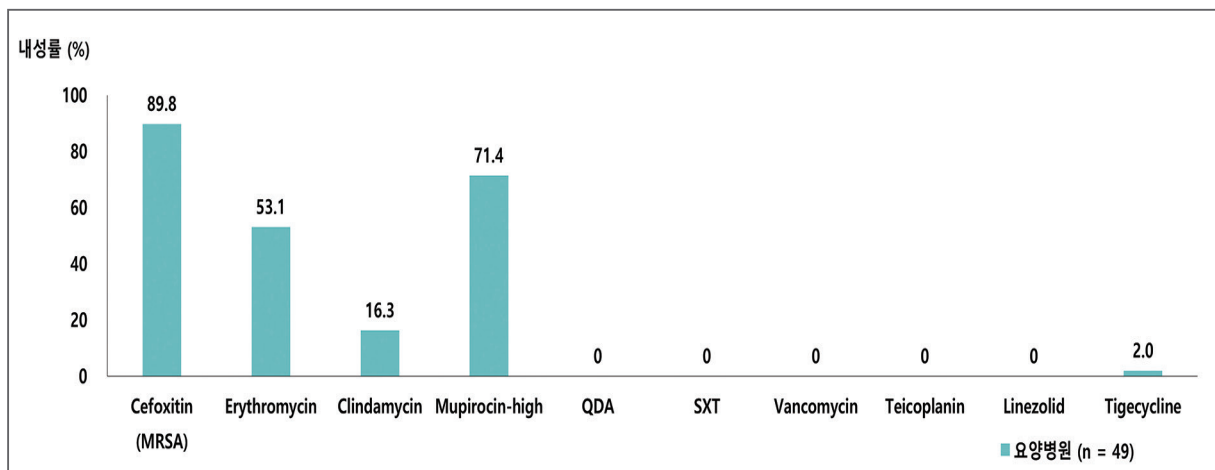


그림 3-2. 요양병원 *S. aureus*의 항균제 내성률

3. 2. 2. 장알균(*Enterococcus faecalis*)

요양병원의 혈액 분리 *E. faecalis*는 penicillin에 대한 내성률은 34.8%로 2018년보다 감소되었다. 하지만 ampicillin에 대한 내성이 2019년 처음으로 확인되었고 내성률은 15.2%였다. 통상적으로 *E. faecalis*는 ampicillin에 감수성인 것으로 알려져 있지만 이를 통해 새로운 내성균주가 확산되고 있을 가능성이 있으므로 주의를 기울여야 한다. Vancomycin 내성 *E. faecalis*는 분리되지 않았다.

요양병원 분리 균주에서 aminoglycoside 계열 항균제의 고도 내성은 특히 높아서 gentamicin 고도 내성률은 26.1%, streptomycin 고도 내성률은 82.6%였다. Aminoglycoside 계열에 대한 고도 내성은 장알균의 혈류감염에서 aminoglycoside, beta-lactam 계열 항균제 병합요법의 상승효과를 막기 때문에 치료 실패로 이어질 수 있어 주의를 기울여야 한다. Vancomycin 내성 균주의 치료에 사용되는 linezolid에 대한 내성 균주는 확인되지 않았다.

표 3-3. 요양병원 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 7)	2017 (n = 18)	2018 (n = 63)	2019 (n = 46)
Ampicillin	0	0	0	15.2
Penicillin	-	16.7	52.4	34.8
Ciprofloxacin	100	72.2	87.3	73.9
Gentamicin-High	71.4	83.3	79.4	26.1
Streptomycin-High	57.1	27.8	46.0	82.6
Tetracycline	100	94.4	88.9	84.8
Vancomycin	14.3	5.6	0	0
Teicoplanin	14.3	5.6	0	0
Linezolid	0	0	0	0
Tigecycline	0	0	0	2.2

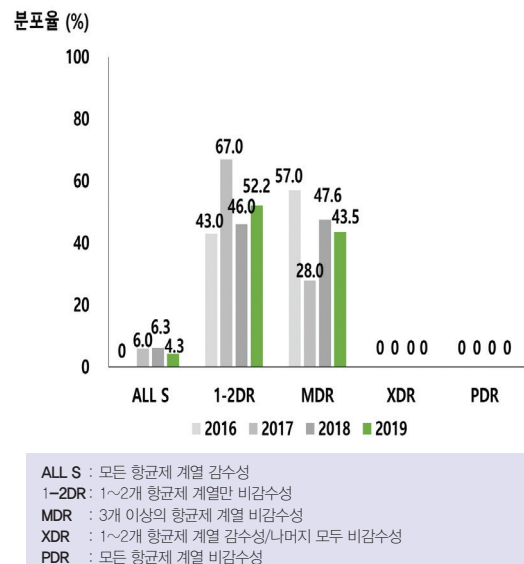


그림 3-3. 요양병원 *E. faecalis* 다제내성 분포율

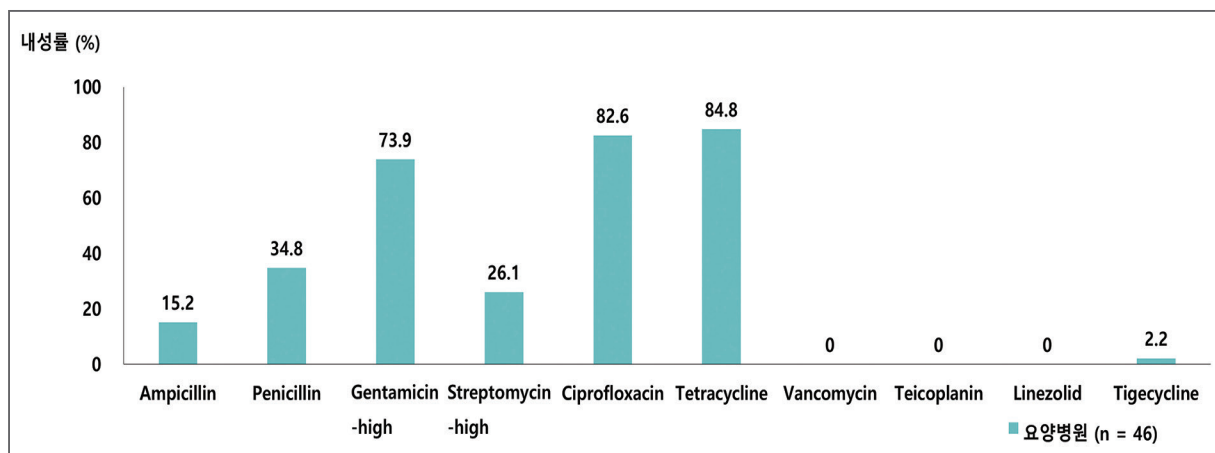


그림 3-4. 요양병원 *E. faecalis*의 항균제 내성률

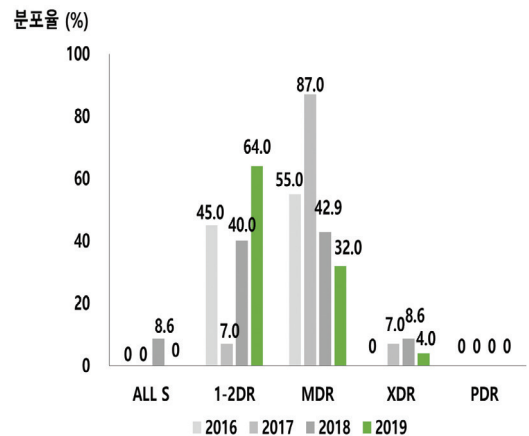
3. 2. 3. 장알균(*Enterococcus faecium*)

요양병원에서 분리된 혈액 분리 *E. faecium*의 96.0%가 ampicillin에 내성이었으며, ciprofloxacin에 대한 내성률도 92.0%로 매우 높았다. 임상적으로 가장 문제가 되는 vancomycin 내성 *E. faecium* (VREFM)은 2018년 28.6%에서 16.0%로 낮아졌고 2017년 이후 지속적으로 감소세를 보였다. VREFM의 치료약제로 사용되는 quinupristin-dalfopristin 및 linezolid에 대한 내성은 확인되지 않았다.

표 3-4. 요양병원 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 20)	2017 (n = 30)	2018 (n = 35)	2019 (n = 25)
Ampicillin	95.0	100	91.4	96.0
Ciprofloxacin	95.0	100	91.4	92.0
Gentamicin-High	20.0	26.7	22.9	0
Streptomycin-High	5.0	16.7	0	0
Tetracycline	10.0	20.0	5.7	8.0
QDA*	5.0	6.7	17.1	0
Vancomycin	45.0	63.3	28.6	16.0
Teicoplanin	10.0	10.0	20.0	12.0
Linezolid	0	0	0	0
Tigecycline	0	0	0	0

* QDA : Quinupristin dalfopristin



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1~2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 3-5. 요양병원 *E. faecium* 다제내성 분포율

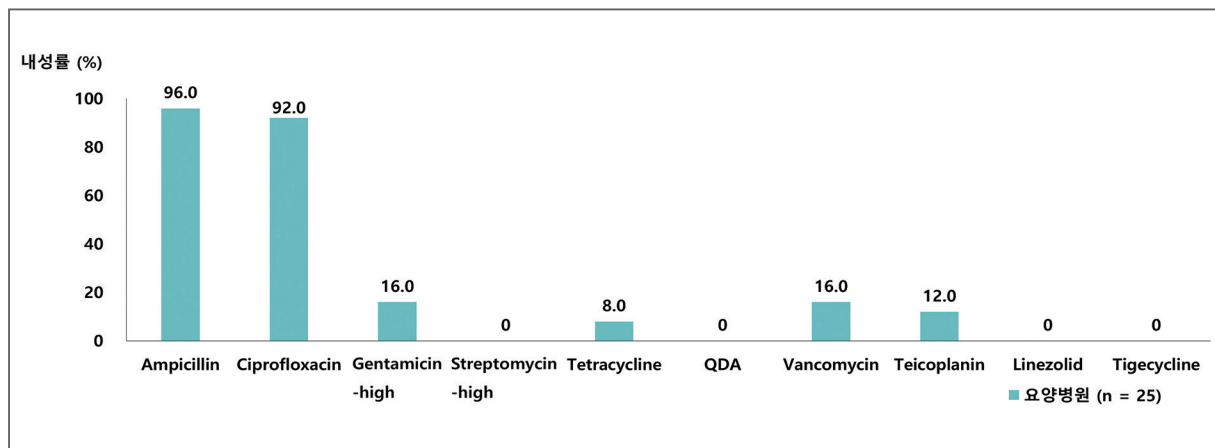


그림 3-6. 요양병원 *E. faecium*의 항균제 내성률

3. 2. 4. 대장균(*Escherichia coli*)

요양병원의 혈액 분리 *E. coli*는 86.6%가 ampicillin에 내성이었으며, cefotaxime의 내성률은 68.7%로 2018년보다 감소하였다. Carbapenem 계열의 imipenem, meropenem 및 ertapenem에 대해 모두 감수성이었지만 지속적인 추적관찰이 필요할 것으로 판단된다.

요양병원 혈액 분리 *E. coli* 중 MDR은 총 88.1%로 2018년과 비슷한 수준이었다. 이는 ciprofloxacin에 동반내성을 보이는 ESBL 생성 균주가 다수 관찰되었기 때문으로 판단된다.

표 3-5. 요양병원 혈액 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 19)	2017 (n = 94)	2018 (n = 73)	2019 (n = 68)
Ampicillin	84.2	88.3	90.4	86.6
Piperacillin	84.2	79.8	87.7	80.6
SAM*	63.2	58.5	63.0	37.3
Cefazolin	78.9	67.0	89.0	71.6
Cefotaxime	78.9	66.0	83.6	68.7
Ceftazidime	31.6	36.2	27.4	22.4
Cefepime	63.2	52.1	69.9	50.7
Aztreonam	47.4	51.1	68.5	44.8
Cefoxitin	10.5	3.2	4.1	4.5
Imipenem	0	1.1	0	0
Meropenem	0	1.1	0	0
Ertapenem	0	1.1	0	0
Amikacin	0	2.1	5.5	3.0
Gentamicin	52.6	43.6	54.8	47.8
Ciprofloxacin	73.7	68.1	80.8	85.1
SXT†	57.9	45.7	45.2	50.7
Tigecycline	0	0	0	0

* SAM : Ampicillin sulbactam, † SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

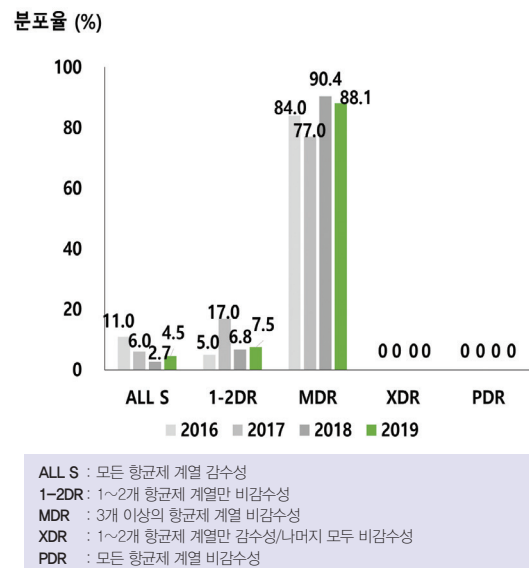


그림 3-7. 요양병원 혈액 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

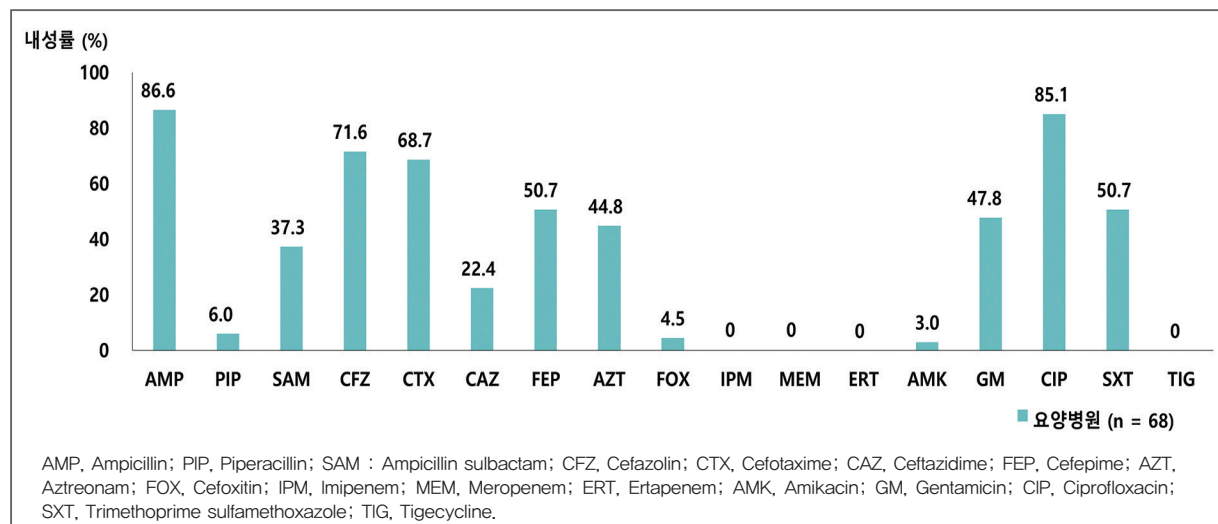


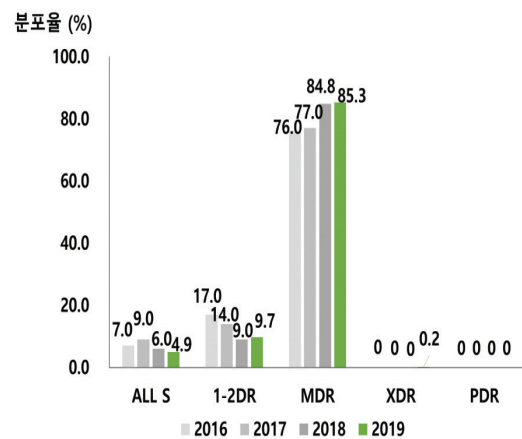
그림 3-8. 요양병원 혈액 분리 *E. coli*의 항균제 내성률

요양병원에서 수집된 요 분리 *E. coli*는 총 638주였으며, ampicillin 내성률은 86.5%, cefazolin 내성률은 69.6%였다. Ceftotaxime 내성률 역시 65.0%로 매우 높았으며, 이는 CTX-M형 ESBL 균주가 확산되어 있을 가능성을 의미한다. 요로감염의 치료의 1차 약제로 주로 사용되는 ciprofloxacin의 내성률도 83.4%로 높았다.

표 3-6. 요양병원 요 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 228)	2017 (n = 851)	2018 (n = 666)	2019 (n = 638)
Ampicillin	83.3	82.7	86.5	86.5
Piperacillin	73.2	75.7	77.3	77.7
SAM*	47.4	58.2	52.6	48.6
Cefazolin	65.8	68.4	72.8	69.6
Cefotaxime	61.4	61.9	66.4	65.0
Ceftazidime	33.3	36.7	28.4	26.5
Cefepime	41.7	46.1	49.8	47.8
Aztreonam	41.2	46.2	49.1	44.7
Cefoxitin	4.4	6.2	3.9	3.3
Imipenem	0.9	0.1	0	0.8
Meropenem	0.9	0.1	0.2	0.8
Ertapenem	1.3	0.1	0.3	0.9
Amikacin	3.1	4.6	3.8	3.4
Gentamicin	39.0	47.0	47.6	45.0
Ciprofloxacin	80.7	79.3	80.0	83.4
SXT†	36.8	41.8	45.0	45.0
Tigecycline	0	0	0	0.2

* SAM : Ampicillin sulbactam, † SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 3-9. 요양병원 요 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

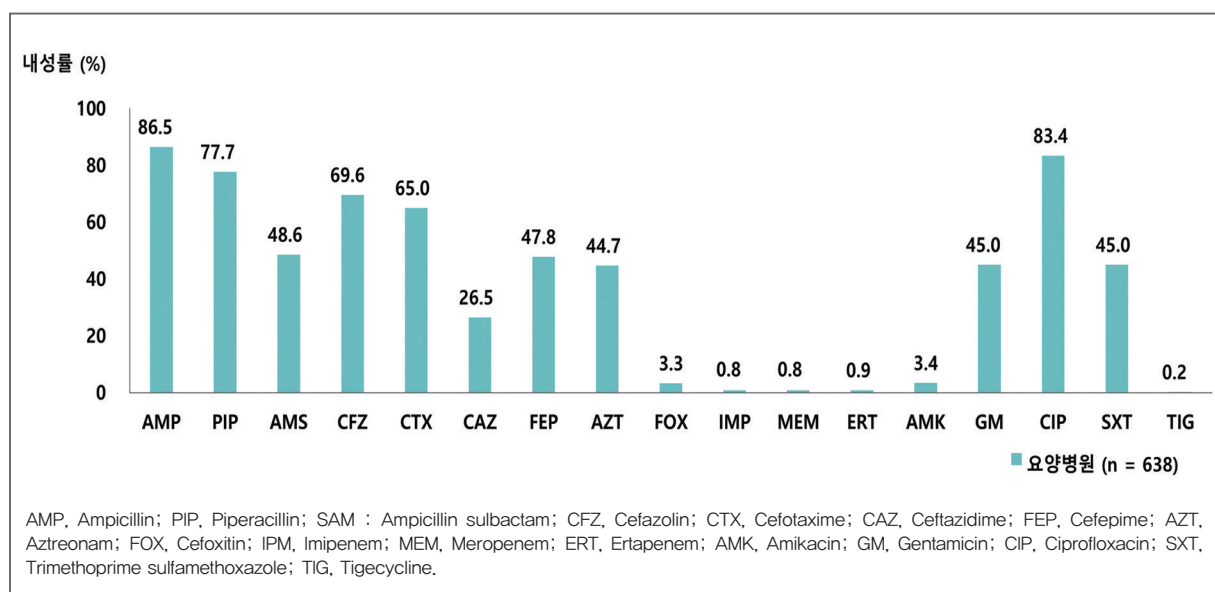


그림 3-10. 요양병원 요 분리 *E. coli*의 항균제 내성률

3. 2. 5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

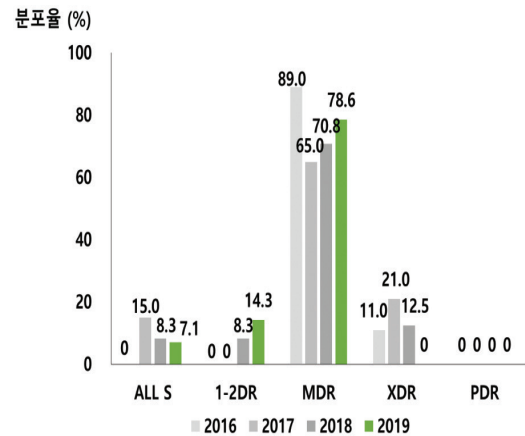
요양병원의 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 각각 71.4%, 50.0%로 높았지만 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. Cefoxitin에 대한 내성률도 7.1%로 종합병원 분리균주에 비하여 상대적으로 높았다. 2019년에는 carbapenem 계열 항균제에 대한 내성균주는 분리되지 않았다.

표 3-7. 요양병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 9)	2017 (n = 34)	2018 (n = 24)	2019 (n = 14)
Piperacillin	100	85.3	83.3	85.7
SAM*	100	82.4	75.0	64.3
Cefazolin	100	79.4	83.3	71.4
Cefotaxime	100	76.5	70.8	71.4
Ceftazidime	100	76.5	75.0	50.0
Cefepime	100	73.5	70.8	42.9
Aztreonam	100	76.5	70.8	71.4
Cefoxitin	33.3	32.4	37.5	7.1
Imipenem	11.1	17.6	4.2	0
Meropenem	33.3	17.6	8.3	0
Ertapenem	33.3	17.6	8.3	0
Amikacin	55.6	17.6	8.3	7.1
Gentamicin	88.9	44.1	20.8	21.4
Ciprofloxacin	22.2	52.9	66.7	57.1
SXT†	44.4	35.3	50.0	43.0
Tigecycline	0	8.8	4.2	0

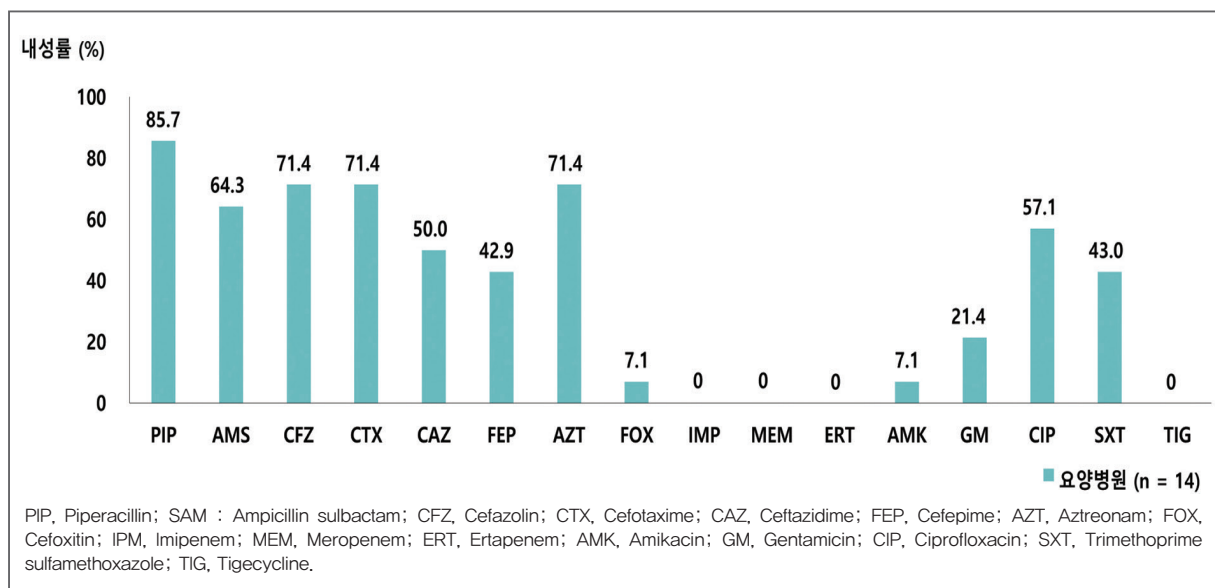
* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성
 1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성
 MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성
 XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성
 PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 3-11. 요양병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 다제내성 분포율



PIP, Piperacillin; SAM : Ampicillin sulbactam; CFZ, Cefazolin; CTX, Cefotaxime; CAZ, Ceftazidime; FEP, Cefepime; AZT, Aztreonam; FOX, Cefoxitin; IMP, Imipenem; MEM, Meropenem; ERT, Ertapenem; AMK, Amikacin; GM, Gentamicin; CIP, Ciprofloxacin; SXT, Trimethoprim sulfamethoxazole; TIG, Tigecycline.

그림 3-12. 요양병원 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 항균제 내성률

요양병원의 요 분리 *K. pneumoniae*는 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 항균제 내성률보다는 다소 낮았지만, 2018년보다 전반적으로 내성률이 증가하였다. Cefotaxime 내성률이 76.1%, cefepime 내성률이 57.4%, ciprofloxacin 내성률이 65.2%였으며 이는 종합병원의 HO감염 분리 균주보다 높았다. 요 분리 균주의 carbapenem 계열 항균제에 대한 내성률은 혈액 분리 균주보다 높았고 2018년에 비해 내성률 증가가 두드러지게 나타났다.

표 3-8. 요양병원 요 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 68)	2017 (n = 204)	2018 (n = 164)	2019 (n = 230)
Piperacillin	72.1	77.0	78.0	85.2
SAM*	60.3	77.5	67.1	73.0
Cefazolin	63.2	76.0	76.8	83.9
Cefotaxime	58.8	68.6	72.0	76.1
Ceftazidime	48.5	60.3	50.0	64.3
Cefepime	44.1	52.0	51.2	57.4
Aztreonam	55.9	58.3	61.6	68.3
Cefoxitin	16.2	21.6	15.2	21.7
Imipenem	2.9	0.5	1.2	5.7
Meropenem	2.9	0.5	1.2	8.3
Ertapenem	4.4	1.0	1.2	8.3
Amikacin	19.1	18.1	9.1	5.7
Gentamicin	45.6	37.7	32.9	32.3
Ciprofloxacin	55.9	72.1	64.6	65.2
SXT†	51.5	54.4	56.1	56.1
Tigecycline	0	5.4	3.7	5.7

* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim sulfamethoxazole

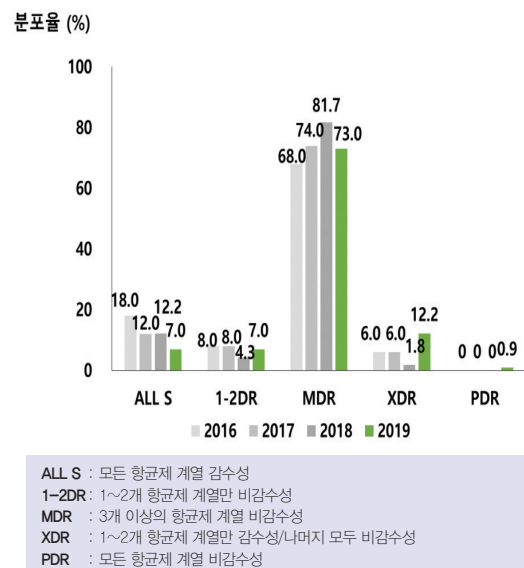


그림 3-13. 요양병원 요 분리 *K. pneumoniae* 다제내성 분포율

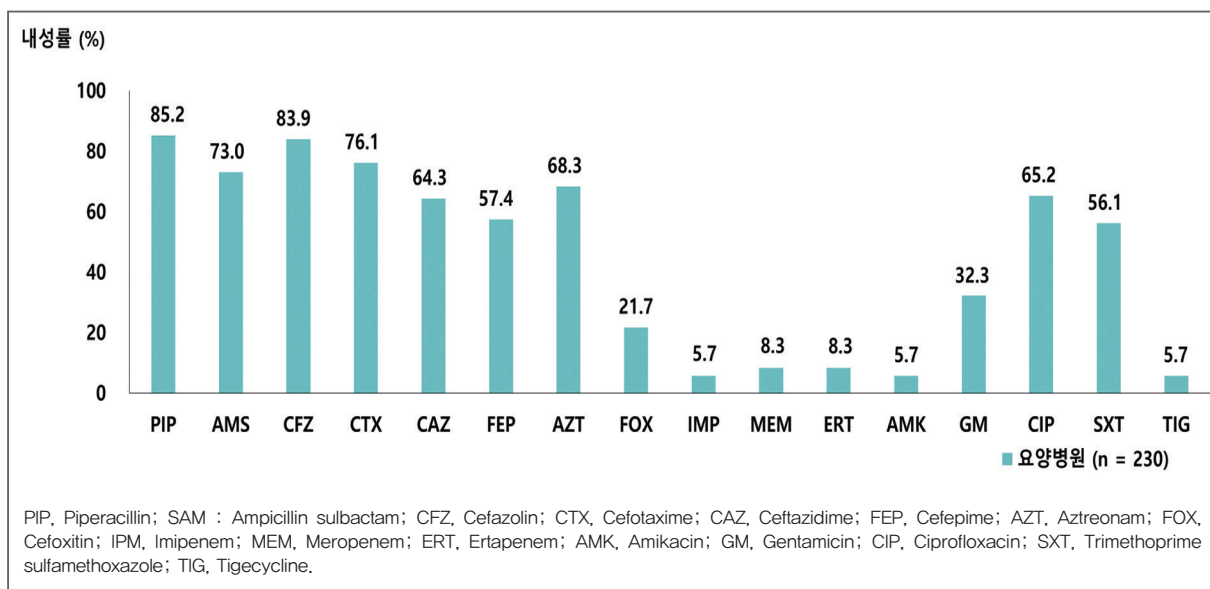


그림 3-14. 요양병원 요 분리 *K. pneumoniae*의 항균제 내성률

3. 2. 6. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

요양병원의 혈액 분리 *P. aeruginosa* 균주의 carbapenem 계열 항균제 내성률은 imipenem, meropenem에 대해 모두 56.3%로 2018년에 비하여 감소하였으나 여전히 종합병원에 비하면 매우 높았다. 항-녹농균 cephalosporin 계열에 대한 내성률은 그에 비해 낮아 ceftazidime, cefepime에 대한 내성률은 각각 53.1%, 31.3%였다.

요양병원 혈액 분리 *P. aeruginosa* 중 62.5%가 XDR 균주였다. 이 균주들의 대부분은 carbapenem 계열 항균제에 내성인 균주로서, aminoglycoside와 colistin을 제외한 모든 항균제에 대하여 내성인 균주이다.

표 3-9. 요양병원 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 8)	2017 (n = 34)	2018 (n = 13)	2019 (n = 32)
Piperacillin	62.5	44.1	46.2	62.5
Piperacillin tazobactam	37.5	29.4	38.5	40.6
Ceftazidime	62.5	26.5	23.1	53.1
Cefepime	12.5	26.5	46.2	31.3
Imipenem	62.5	44.1	84.6	56.3
Meropenem	75.0	38.2	84.6	56.3
Amikacin	50.0	26.5	53.8	56.3
Gentamicin	62.5	35.3	38.5	56.3
Tobramycin	62.5	32.4	35.3	56.3
Ciprofloxacin	50.0	50.0	69.2	53.1
Colistin	0	0	0	0

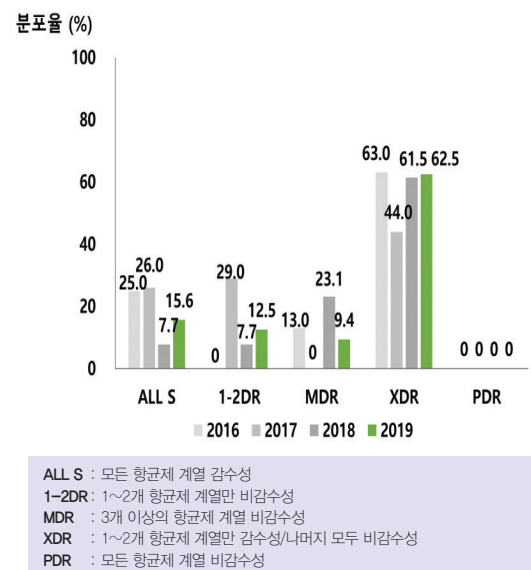


그림 3-15. 요양병원 *P. aeruginosa* 다제내성 분포율

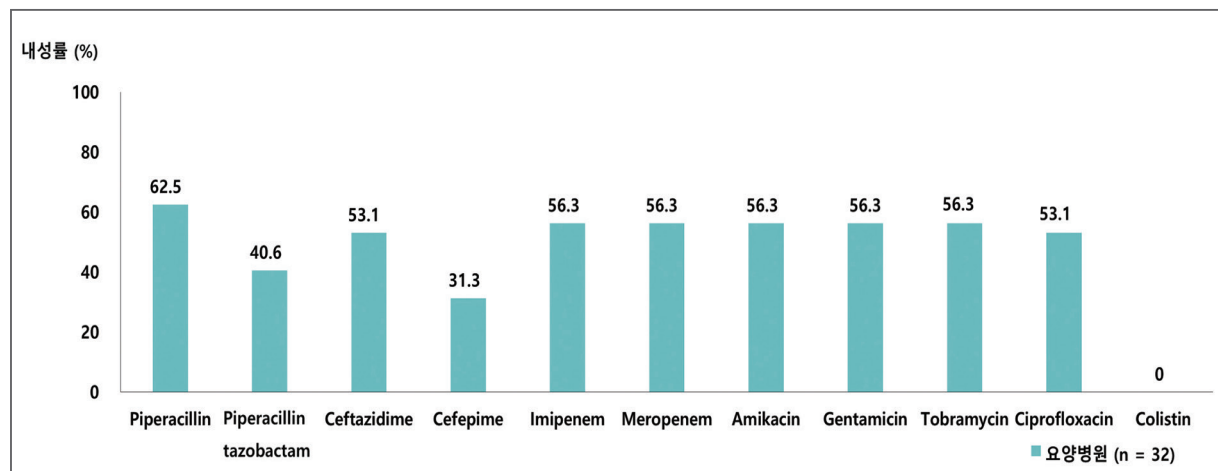


그림 3-16. 요양병원 *P. aeruginosa*의 항균제 내성률

3. 2. 7. 아시네토박터균속(*Acinetobacter* spp.)

요양병원에서 36주의 *A. baumannii*가 수집되었으며, non-*baumannii* *Acinetobacter*는 수집되지 않았다. 종합병원 수집 *A. baumannii*와 마찬가지로, carbapenem 계열 항균제에 대한 내성률은 매우 높아서 imipenem, meropenem에 대하여 모두 94.4%였다. Minocycline에 대한 내성률은 8.3%로 작년보다 2배 이상 증가하였으며, tigecycline에 대한 내성률도 8.3%로 증가하였다. Colistin에 대하여 내성을 보이는 균주는 관찰되지 않았다.

요양병원에서 수집된 대부분의(83.3%) *A. baumannii*는 종합병원 수집균주와 마찬가지로 XDR 균주로 확인되었다.

표 3-10. 요양병원 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

Antimicrobials	2016 (n = 15)	2017 (n = 23)	2018 (n = 27)	2019 (n = 36)
Piperacillin	93.3	95.7	96.3	94.4
SAM*	66.7	87.0	63.0	91.7
Ceftazidime	86.7	91.3	96.3	91.7
Cefepime	93.3	95.7	96.3	94.4
Imipenem	93.3	95.7	88.9	94.4
Meropenem	86.7	95.7	88.9	94.4
Amikacin	66.7	78.3	74.1	63.9
Gentamicin	53.3	73.9	63.0	47.2
Tobramycin	40.0	73.9	51.9	41.7
Ciprofloxacin	80.0	95.7	96.3	94.4
Minocycline	0	0	3.7	8.3
Tigecycline	6.7	0	7.4	8.3
Colistin	0	0	0	0

* SAM : Ampicillin sulbactam

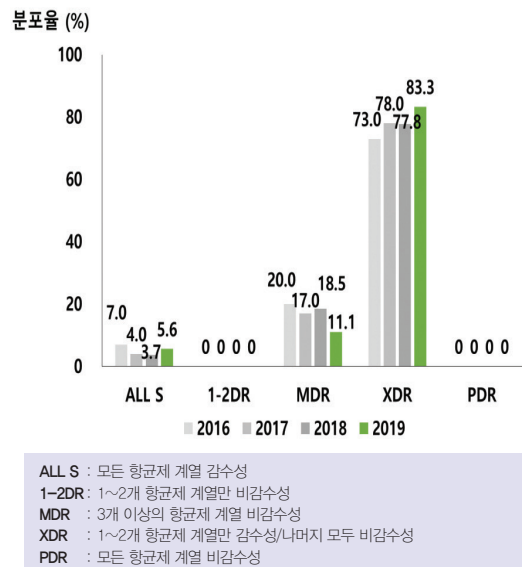


그림 3-17. 요양병원 *A. baumannii* 다제내성 분포율

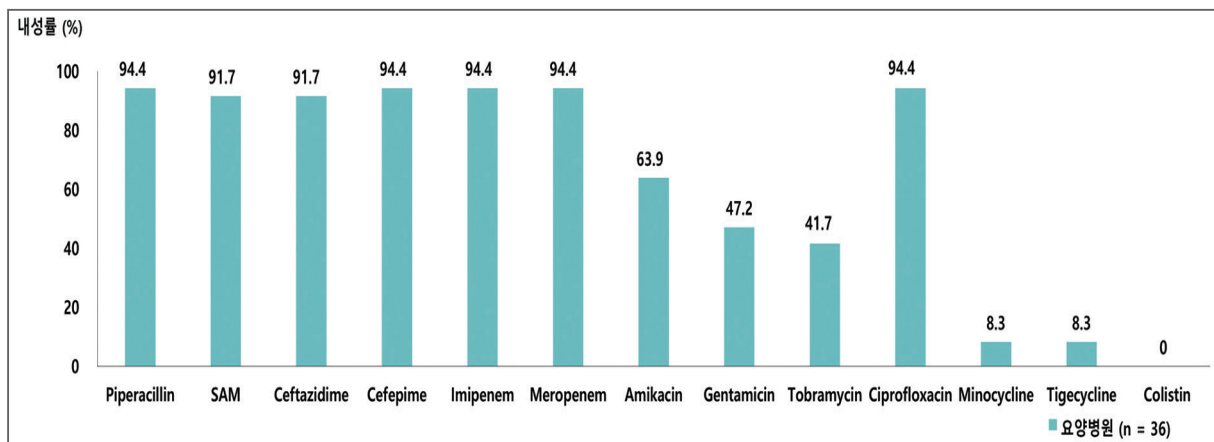


그림 3-18. 요양병원 *A. baumannii*의 항균제 내성률

3. 2. 8. 살모넬라균속(*Salmonella* spp.)

대변 및 혈액 분리 *Salmonella* spp.는 분리되지 않았다.

IV

주요 다제내성균의 특성 분석

IV 주요 다제내성균의 특성 분석

4. 1. MRSA 분포

*S. aureus*에서의 oxacillin 또는 cefoxitin에 내성인 경우를 methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) 라고 하며, anti-MRSA cephalosporin를 제외한 모든 beta-lactam 계열의 항균제에 대하여 내성을 나타내기 때문에 중요한 다제내성균에 포함된다. MRSA는 penicillin-binding protein PBP2a를 생산함으로써 methicillin에 내성을 갖게되는데 PBP2a는 *mecA* 유전자 산물로서 mobile genetic element인 staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*)에 포함되어 다른 세균으로 수평 전달(horizontal transfer)되는 특징이 있다. SCC*mec*은 *mec* gene complex와 *ccr* gene complex 의 조합에 따라 다양한 유형으로 구분할 수 있는데, 국내에서는 SCC*mec* II 또는 SCC*mec* IV형이 가장 많은 분포를 차지하고 있다. SCC*mec* II 및 SCC*mec* IV형은 각각 HO감염과 CO감염에서 주로 발견되고, SCC*mec* II는 약 53 Kb로 다른 SCC*mec* 유형 보다 크며, joining region에 내성유전자를 포함하고 있어, erythromycin 및 clindamycin 등에 대한 동시 내성을 나타낸다.

2019년에 수집된 MRSA 균주 중 56.3%는 SCC*mec* IV형 MRSA였으며, 2017년 49.3%, 2018년 48.4%에 비해 크게 증가한 것이다. SCC*mec* IV형 MRSA 중 *spa* 타입 t008의 균주의 증가한 것이 특징이었는데, t008형 MRSA는 Panton-Valentine Leukocidin (PVL)을 생성하는 독성이 큰 균주로, 미국의 지역사회감염의 중요한 클론인 USA300에 해당하는 균주이다. 따라서, 이러한 균주의 확산에 대한 지속적인 감시가 필요하다.

표 4-1 연도별 분리된 MRSA의 SCC*mec*분포

MRSA	2017 (708)	2018 (743)	2019 (683)
SCC <i>mec</i> type II	186 (26.3%)	168 (22.6%)	158 (23.1%)
SCC <i>mec</i> type IV	185 (26.1%)	169 (22.7%)	211 (30.9%)
SCC <i>mec</i> type V	2 (0.3%)	3 (0.4%)	5 (0.7%)
Others	2 (0.3%)	9 (1.2%)	1 (0.1%)

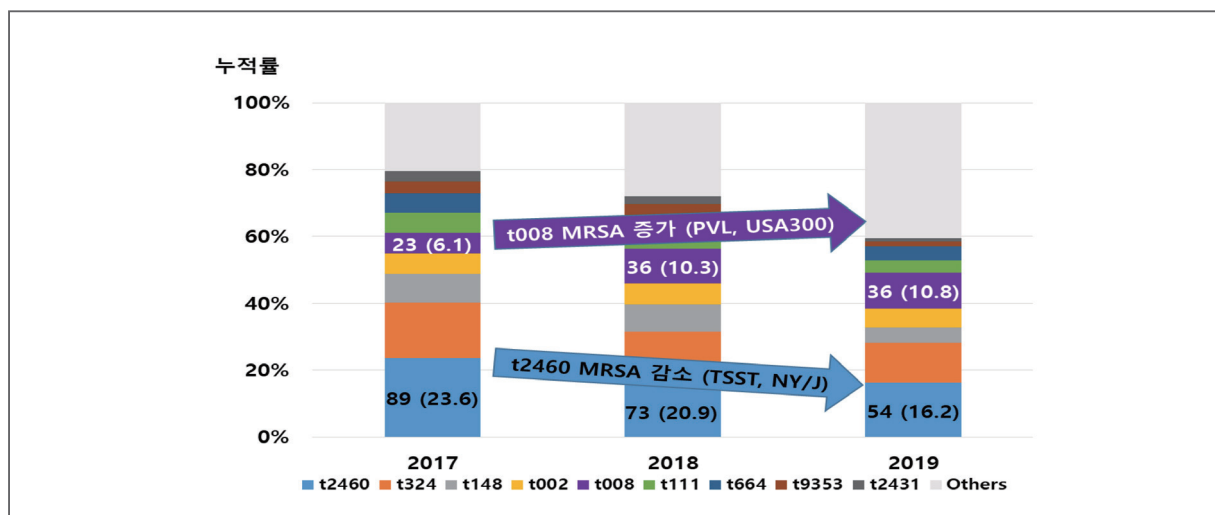


그림 4-1. 연도별로 분리된 MRSA의 *spa* type 분포

4. 2. ESBL 생성 *E. coli*

ESBL은 3세대, 4세대 cephalosporin과 monobactam 계열 항균제에 가수분해능이 있는 광범위 beta-lactam 분해효소로서, ESBL 생성은 *E. coli*에서 다제내성 표현형을 보이는 가장 중요한 내성기전이다. 2019년 *E. coli*혈액 분리균주의 cefotaxime 내성률은 37.1%, ceftazidime 내성률은 10.2%로 cefotaxime에 대한 내성률이 현저히 높았는데 이는 cefotaxime에 대한 분해능이 큰 CTX-M 계열의 ESBL을 생성하는 균주가 많음을 시사한다.

CTX-M형 ESBL은 CTX-M-1군과 CTX-M-9군이 주된 유전형으로 그중에서 CTX-M-15 생성균주가 가장 많았으며, CTX-M-14, CTX-M-27이 다음으로 많았다. 특히 CTX-M-27은 CTX-M-9군에 속하는 ESBL이나, D240G polymorphism을 보여 cefotaxime뿐만 아니라, ceftazidime에도 가수분해능을 가지므로 더 넓은 범위의 3세대 cephalosporin에 내성을 부여할 수 있다. CTX-M-27 생성 균주는 지속적으로 증가하여 2017년에는 70주(3.9%), 2018년에는 107주(6.0%)였으며, 2019년에는 112주(6.0%)가 분리되었다.

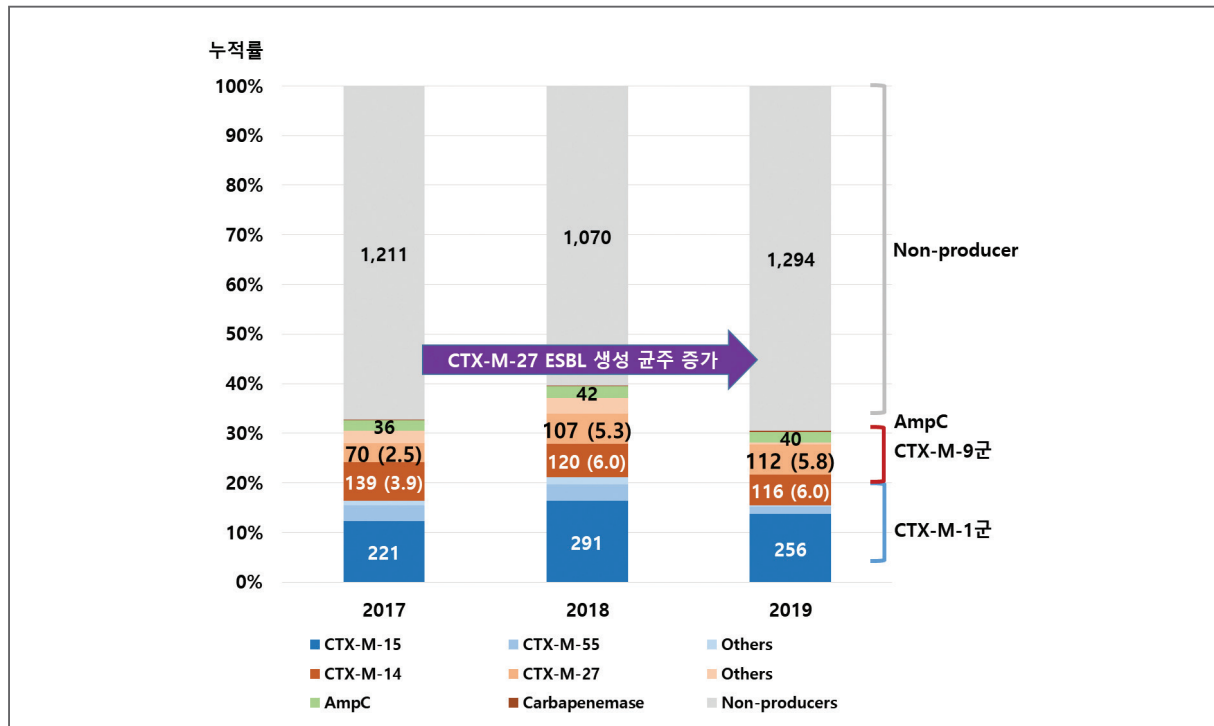


그림 4-2. 혈액 분리 ESBL 생성 *E. coli*의 주요 beta-lactamase 분포

4. 3. Carbapenem 내성 *K. pneumoniae*

Carbapenemase 생성 *K. pneumoniae*는 국내 CRE 확산의 가장 중요한 원인이며, 특히 KPC-2 생성 *K. pneumoniae*는 국내에서 분리가 크게 증가하고 있다. 2019년 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 ertapenem 내성률은 1.1%, 요 분리 균주의 ertapenem 내성률은 1.4%로 작년과 큰 차이는 없었다. 하지만, KPC-2 생성 *K. pneumoniae*는 총 7주가 분리되어 2018년 11주에 비해서 감소하는 양상을 보였다. 또한 7주 중 5주가 HO감염에서 분리되었으며, 작년과 동일하게 2개 권역에서 대부분이 분리되어, 병원 내 전파가 KPC-2 생성 *K. pneumoniae*의 확산 기전임을 확인 할 수 있다.

4. 4. Carbapenem 내성 *A. baumannii*

*A. baumannii*의 carbapenem 계열의 내성은 2019년에도 여전히 높은 수준으로 imipenem 및 meropenem에 대한 내성률은 92.6%이었다. *A. baumannii*에서의 carbapenem 내성 기전은 OXA-23, ISABA-OXA-51, OXA-58 생성 등이 알려져 있다. 2016년 Kor-GLASS의 다제내성균 조사 사업 이후 2019년까지 수집된 모든 carbapenem 내성 *A. baumannii*의 내성 기전은 대부분 OXA-23 생성이었다. 대조적으로, non-*baumannii* *Acinetobacter* 균주의 경우 carbapenem 내성 균주가 드물며, 대부분 metallo-beta-lactamase 생성 균주였다. 2019년 수집된 carbapenem 내성 non-*baumannii* *Acinetobacter* 중 1주는 NDM-1 생성 균주였다.

V

주요 항균제 내성균의 내성률 비교



V 주요 항균제 내성균의 내성률 비교

5. 1. 연도별 종합병원 수집 균종별 주요 항균제 내성률 비교

Kor-GLASS에서 종합병원 혈액 분리 균주 중 주요 항균제 내성균들의 연도별 내성률을 비교하였다.

MRSA는 cefoxitin 내성균으로 2018년과 비교하였을 때, 1.5%p 내성률이 증가하였지만 48.6%로 50% 이하의 내성률을 보였다. 최근 미국 및 유럽 국가들에서 MRSA 발생률이 감소되는 경향이 보고되고 있으며, 이는 병원 내 손 위생 등의 감염관리 관리 강화에 따른 결과로 판단된다. 반면, Vancomycin 내성 *E. faecium* (VREFM)은 2019년 40.9%로 작년에 비해 1.5%p 증가하였으며, 2016년과 비교하였을 때 11%p 증가하였다. VREFM의 증가의 원인을 파악하기 위해서는 추가적인 역학적 특성 분석이 필요할 것으로 생각된다.

종합병원 혈액 분리 *E. coli*의 fluoroquinolone 계열 항균제 내성률은 42.7%에서 41.1%로 감소하였으며, cefotaxime 내성률도 38.6%에서 37.1%로 감소하였다. 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 cefotaxime 내성률은 24.9%로 2018년 대비 감소하였고, carbapenem 계열 항균제 내성률도 2.1%에서 1.1%로 감소하였다.

병원감염에서 중요한 병원균인 *P. aeruginosa*의 carbapenem 계열 항균제 내성률은 2016년 14.7%로 낮았으나, 2017년 18.1%, 2018년 24.2%로 지속적으로 증가하다가 2019년 23.6%로 다소 감소하였다. *A. baumannii*의 carbapenem 계열 항균제 내성률 역시 약 90% 정도로 높게 유지되고 있다.

단, 본 사업이 조사 기간이 짧아 현재 2016~2019년에 걸친 약 4년 간의 단순한 내성률 비교만이 가능하여 내성률의 변화 추이를 단언할 수는 없으며 향후 지속적인 조사 사업 수행을 통해 산출되는 항균제 내성률을 지속적으로 관찰할 필요가 있다.

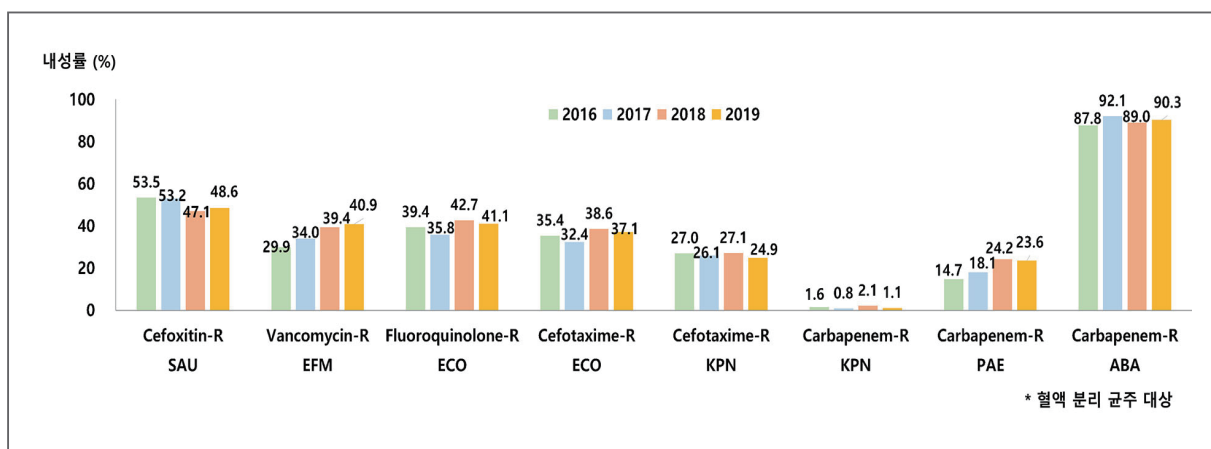


그림 5-1. 2016~2019 Kor-GLASS 균종별 주요 항균제 내성률

5. 2. 종합병원과 요양병원의 주요 항균제 내성률 비교

Kor-GLASS에서는 종합병원에 비해 제한적인 규모이기는 하지만 요양병원에서 대상 균주들을 수집하였기에 이들 중 혈액 분리 균주를 대상으로 병원 유형에 따라 주요 항균제 내성률을 비교하였다.

종합병원과 요양병원 분리 균주의 주요 항균제 내성률을 비교하였을 때, vancomycin 내성 *E. faecium*, carbapenem 내성 *A. baumannii*를 제외한 모든 주요 항균제 내성률이 요양병원 분리 균주에서 약 2배 이상 높게 나왔다. MRSA의 경우 종합병원 분리균주는 48.6%였으나, 요양병원 분리균주는 89.8%였으며, *E. coli*의 fluoroquinolone과 cefotaxime에 대한 내성률 역시 종합병원 분리균주에서는 각각 41.1%, 37.1%였던 반면, 요양병원 분리균주에서는 각각 85.1%, 68.7%였다.

Carbapenem 내성 역시 종합병원의 경우 *K. pneumoniae*와 *P. aeruginosa*에서 각각 1.1%, 25.8%로 비교적 낮게 유지되고 있으나, 요양병원의 경우 8.3%, 56.3%로 상대적으로 높았다.

요양병원은 병원종별 특성상 장기 재원환자가 대부분이며, 입원환자의 중증도가 높다. 뿐만 아니라, 의료진의 손 위생 및 내성균 감염환자의 격리 등의 감염관리 활동이 종합병원에 비하여 부족할 것으로 예상된다. 요양병원 환자의 경우 종합병원으로 전원되는 경우가 빈번하므로, 다제내성균 확산의 근원이 될 가능성이 높으므로, 지속적인 관리 및 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

다만, 본 사업의 수집 네트워크에 포함된 요양병원이 전체 요양병원의 실태를 반영한다고 단언할 수는 없고 분리주의 숫자가 적은 균종들이 있는 점 등 제한점이 있어, 향후 지속적인 조사 사업 수행을 통해 산출되는 항균제 내성률을 주시할 필요가 있다.

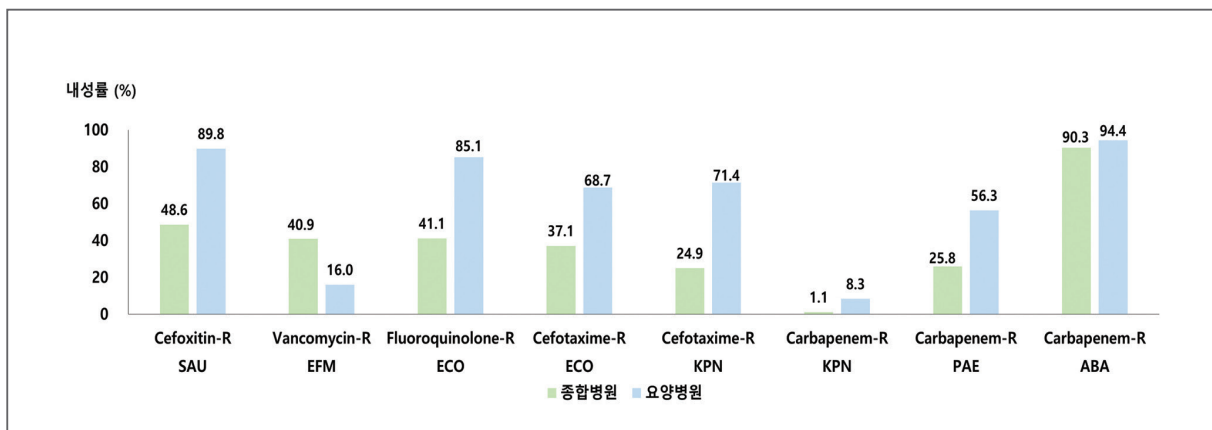


그림 5-2. 병원종별 주요 항균제 내성률

VI

시범운영
(침습성 칸디다균의
항진균제 내성 조사)

VI 시범운영 (침습성 칸디다균의 항진균제 내성 조사)

6. 1. 항진균제 내성 칸디다균(*Candida* spp.)

6. 1. 1. 수집 체계 구축 현황

칸디다혈증은 가장 흔한 유형의 침습성 진균감염으로 전세계적으로 병원내에서 발병하는 의료관련 혈류감염 중 3-4위를 차지하는 높은 발병 빈도를 보인다. 칸디다혈증의 치명율은 30-50% 이상으로 다른 세균에 의한 혈류감염보다 훨씬 높은 수준이나, 세균과는 달리, 칸디다균종의 동정 및 감수성 검사가 쉽지 않다. 흔한 칸디다 균종의 동정은 일반 검사실에서 사용하고 있는 자동화 상품화된 검사법으로 잘 시행될 수 있으나 새로 나타나거나 드문 균종에 대해서는 동정이 어려울 수 있다. 또 분리된 칸디다 균주에 대해 항진균제 감수성 검사의 실시하는 경우 균종별 항진균제별 결과를 해석하고 추가 검사를 시행할 수 있는 검사실의 능력과 전문성이 필요하다.

2019년 4월경 WHO에서는 칸디다혈증의 감시를 위한 GLASS 프로토콜(Global Antimicrobial Resistance Surveillance System early implementation protocol for the Inclusion of *Candida* spp.)을 제시한 바 있으며, 이를 반영하여 국내에서도 전신성 칸디다증 유발 항진균제 내성 칸디다균의 실태 조사 체계를 구축하여 시범 운영을 하였다. 즉, Kor-GLASS에 참여하고 있는 국내 권역별 8개 병원을 대상으로 2017년 1월부터 2019년 12월까지 혈액분리 칸디다균의 전수 수집 및 임상정보를 확보하고, 국제적 기준에 부합하는 표준화된 검사법을 적용하는 국내 칸디다혈증 유발 항진균제 다제내성균의 현황 파악을 위해 칸디다균종별 동정 및 항진균제 감수성 검사 수행하였고 항진균제 내성 칸디다균의 내성 기전 및 특성 분석을 시행하였다.

6. 1. 2. 칸디다 균속의 분포

2017년 1월부터 2019년 12월까지 3년동안 총 766주의 칸디다 균종이 수집되었다. 모든 균주에 대하여 CHROMagar *Candida* 배양 후 형태관찰 및 MALDI-TOF MS (matrix-Assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry) 등을 이용하여 재동정을 실시하였고, 일부 균종은 5.8S rRNA를 포함한 internal transcribed spacer (ITS)부위와 26S rRNA의 D1/D2 domain 부위에 대해 각각 pITS F/R 시발체 및 NL1/4 시발체를 이용하여 염기서열을 분석하여 동정 확인하였다.

가장 흔한 칸디다 종은 *Candida albicans*(45.4%)였으며, *Candida glabrata*(17.6%), *Candida tropicalis*(16.4%), *Candida parapsilosis*(13.8%), *Candida krusei*(1.3%) 순이었다. 5가지 흔한 균종이외에 11가지 드문 균종이 확인되었으며 총 41주 5.4%를 차지하였다. 칸디다 혈액감염 총 766주 중 11.6%가 CO감염이었으며, 88.4%가 HO감염이었다.

칸디다혈증 환자의 연령대 비율은 소아 (18세 미만), 19-64세, 65세 이상이 각각 3.6%, 28.6% 및

66.5%이었으며, 칸디다혈증이 발생했을 때 입원 유형은 외래 (응급실 포함), 일반 병동 및 중환자실이 각각 5.6%, 54.1% 및 40.3%이었다. 전체적으로 국내 칸디다혈증은 대부분 고령 환자에서 발생했으며, 혈액에서 분리되는 칸디다 균종의 비율 중 *C. parapsilosis*의 감소와 *C. glabrata*의 증가가 관찰되었다.

표 6-1. 종합병원 혈액 분리 칸다다 균종의 분포

균종	혈액 분리 칸다다 균종 분리 건수			
	2017	2018	2019	Total (%)
<i>C. albicans</i>	121	103	124	348 (45.4)
<i>C. glabrata</i>	49	38	48	111 (17.6)
<i>C. tropicalis</i>	47	47	32	107 (16.4)
<i>C. parapsilosis</i>	48	27	31	86 (13.8)
<i>C. krusei</i>	4	5	1	9 (1.3)
<i>C. guilliermondii</i>	5	3	4	9 (1.3)
<i>C. lusitaniae</i>	2	2	2	5 (0.8)
<i>C. fabianii</i>	0	2	4	4 (0.8)
<i>C. dubliniensis</i>	0	1	2	3 (0.4)
<i>C. metapsilosis</i>	1	0	2	3 (0.4)
<i>C. pelliculosa</i>	1	2	0	3 (0.4)
<i>C. haemulonii</i>	2	0	0	2 (0.3)
<i>C. intermedia</i>	1	1	0	2 (0.3)
<i>C. orthopsilosis</i>	2	0	0	2 (0.3)
<i>C. auris</i>	1	0	0	1 (0.1)
<i>C. lipolytica</i>	1	0	0	1 (0.1)
Total	285	231	250	766 (100)

* 2016-2017년까지 수집 대상

6. 1. 3. 항진균제 내성률

항진균제 감수성 검사는 CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) microbroth dilution, CLSI M27-ed 4)법을 이용하여 검사하였고 각 MIC값은 2017년 개정된 CLSI M60에 따른 각 항진균제별, 각 균종별 CBP로 판정하였다. 현재 흔한 칸디다 균종에 대해서만 균종특이적인 CLSI 내성 기준이 정립되어 있어 이를 적용하였다.

전체적으로 fluconazole에 비감수성인 균주는 20.8%(151/725), voriconazole에 비감수성인 균주는 3.9%(23/590)에서 관찰되었다. Amphotericin B에 비감수성(MIC >4 µg/ml) 및 micafungin에 비감수성인 균주는 각각 *C. haemulonii* 1주, *C. tropicalis* 1주, *C. glabrata* 4주이었다. (표 6-2) Fluconazole에 내성인 *C. parapsilosis* 균주에서 표적 유전자 ERG11의 Y132F 돌연변이가 관찰되었으며 4주의 fluconazole 내성 *C. glabrata* 균주가 각기 다른 PDR1 돌연변이를 보였다. FKS 돌연변이가 확인된 균주는 없었다.

본 연구에서는 국내 권역별 종합병원을 대상으로 WHO GLASS가 추진하는 기본적인 운영 체계 반영하여 칸디다혈증 유발 칸디다균의 항진균제 내성 실태 조사 체계 구축 및 운영하여 보았고 이를 이용한 지속적인 항진균제 내성 감시가 필요함을 보여주었다.

표 6-2. 종합병원 혈액 분리 칸다다 균종의 항진균제 내성률 (%)

항진균제	연도	분리 균주 수	분리 균주의 clinical breakpoints*	
			Resistant	Non-suceptable
Fluconazole	2017	269	8 (3.0)	58 (21.6)
	2018	220	7 (3.2)	44 (20.0)
	2019	236	3 (1.3)	49 (20.8)
	Total	725	18 (2.5)	151 (20.8)
Voriconazole	2017	220	1 (0.5)	17 (7.7)
	2018	182	0 (0.0)	6 (3.3)
	2019	188	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	590	1 (0.2)	23 (3.9)
Amphotericin B	2017	285	1 (0.4)	1 (0.4)
	2018	231	0 (0.0)	0 (0.0)
	2019	250	0 (0.0)	0 (0.0)
	Total	766	1 (0.1)	1 (0.1)
Micafungin	2017	274	0 (0.0)	1 (0.4)
	2018	223	0 (0.0)	2 (0.9)
	2019	240	0 (0.0)	2 (0.4)
	Total	737	0 (0.0)	5 (0.5)

* The categorical results were obtained by using the interpretive breakpoint criteria of the CLSI M60-ED1 for *C. albicans*, *C. tropicalis*, *C. glabrata*, *C. parapsilosis*, and *C. krusei*.

VII

Kor-GLASS 2기 사업 (2020-2022)

VII Kor-GLASS 2기 사업(2020-2022)

국가 항생제 내성 관리대책의 일환으로 Kor-GLASS는 WHO GLASS와 호환이 가능하면서 GLASS의 미비점을 국내 실정에 맞게 개선한 항균제 내성균 감시체계로 2016년에 시작하였다.

Kor-GLASS 1기 사업(2017-2019)는 12종의 균종(*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Neisseria gonorrhoeae*, *Clostridioides difficile*)에 대하여 8개 권역의 종합병원 수집 네트워크와 요양병원 네트워크에서 균주를 수집하였으며, 수집된 균주는 균종별 분석센터에서 분석하여 내성률을 산출하였다. 또한 분석된 결과는 외부시험관리센터를 통해 질관리를 받았으며, 이를 통해 신뢰성있는 항균제 내성 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과들은 WHO GLASS에 국가데이터로 매년 제출되고 있다.

Kor-GLASS 2기 사업(2020-2022)에서 기존 사업과의 변경 사항은 크게 세 가지로 볼 수 있다.

첫째는 수집 권역의 및 수집 대상 균종의 확대이다. Kor-GLASS는 2016년 6개 수집권역을 대상으로 시작하여 2017-2019년에는 8개 수집권역을 대상으로 하였다. 2020년부터는 1개 권역을 추가하여 9개 권역의 수집센터를 운영할 예정이며, 2019년에 시범운영했던 *Candida* spp.가 새롭게 수집 대상 균종으로 추가되어 수집될 예정이다.

두번째로, 균주 수집네트워크가 일원화 될 예정이다. 요양병원 수집 균주의 내성률은 종합병원 수집 균주의 내성률보다 훨씬 높아 내성균 확산의 근원이 될 수 있으므로, 그 중요성이 크나, Kor-GLASS 1기 사업에서는 별도 수집네트워크에서 균주를 수집하여 분석하였다. 2기 사업에서부터는 권역별 종합병원과 역학적, 지리적 연관성이 있는 요양병원 선정하여 균주를 수집하여 분석할 예정으로, 수집 체계를 강화할 예정이다.

세번째로는, 기존 분석센터를 전문성을 가진 균종별 분석센터로 변경하여 확대될 예정이다. 2020년부터는 균종별로 분석센터를 세분화하여 운영할 예정이며, 각 분석센터들은 분석센터연구협의체를 통해 국내·외 균종별 내성 현황, 트렌드를 분석하여 전문성을 강화할 예정이다. 분석센터는 *S. aureus*, Enterococci & *N. gonorrhoeae*, *S. pneumoniae* & *Salmonella* spp. & *Shigella* spp., *Acinetobacter* spp. & *P. aeruginosa*, *Candida* spp., *C. difficile*, *E. coli* & *K. pneumoniae*로 총 7개의 분석센터로 변경, 신설하여 운영할 예정이다.

첨부 1. Kor-GLASS 운영 세부 사항

첨부 1-1. 국내 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 필요성

국내 AMR 감시를 위해 KONSAR, KONIS, KARMS 등 여러 항균제 내성 감시 시스템이 가동되어 왔으나, 이들 감시 시스템은 제한적인 일부 균종만 대상으로 하고 수집 기간이 동일하지 않거나, 균주를 제외한 데이터만 수집하는 등 국가를 대표하는 AMR 데이터를 생산하는데 한계가 있었다.

표 첨부 1-1. 국내 항균제 내성균 감시체계

감시 대상	감시 체계	감시 내용	한계점
의료관련 감염	KONIS	CLABSI, VAP, CAUTI (ICU), SSI	데이터만 수집
다제내성균 감염	다제내성균 6종	다제내성균 6종 유병률	데이터만 수집
	VRSA surveillance	VRSA 출현	균종 제한성
	CRE surveillance	CRE 출현, 확진	균종 제한성
	KONSAR	항균제 내성을 조사	균주 미수집
	KARS	병원네트워크를 통해 다제내성균 감시	데이터만 수집
	KARMS	유병률, 임상정보, 균주 특성	균주 수집 기간의 제한성, 데이터만 수집

질병관리본부(現, 질병관리청)가 주관한 국내 종합병원 AMR 감시시스템인 KARMS는 2002년에 시작되었고, KARMS에 참여한 종합병원의 수는 2002년 8개 병원에서 2015년에는 37병원으로 확대되었다. 참여병원으로부터 AMR 데이터를 수집하였으며, 일부 균주(병원당 균종별 비반복 15-20주)에 한해서만 항균제 내성기전과 내성균의 역학적 특성 분석이 이루어졌다.

KARMS는 국내 종합병원에서 주요 병원균의 AMR 현황을 파악할 수 있는 중요한 역할을 하였다. 그러나 KARMS는 각 종합병원 검사실의 결과에 의존하여 AMR 데이터를 생산하고, 병원별로 상이한 검사 방법과 판정 기준을 적용하여 AMR 데이터의 신뢰도가 낮다고 할 수 있다. 또한 예산의 한계로 인하여 수집균주 수를 늘리기 어려웠고, 내성 기전이나 역학적 특성의 분석에도 한계가 있었다.

표 첨부 1-2. Kor-GLASS와 KARMS의 비교

감시체계	Kor-GLASS	KARMS
대상 균종	SAU, EFM, EFA, SPN, ECO, KPN, PAE, ACI, SAL, SHI, NGO	SAU, EFM, EFA, SPN, ECO, KPN, PAE, ACI, SAL, SHI, NGO, ENT, CIT
대상 검체	Blood, Urine, Feces, Genital, CSF	모든 검체
항균제 감수성 검사 방법	Kor-GLASS 매뉴얼에 따라 균종별 분석센터에서 일괄 시행	각 기관별로 다양
내성률 산출 방법	균주 직접 분석을 통한 내성률 산출	각 기관에서 보고하는 내성률의 산술적 평균
균주 수집	비반복 전수 수집	균종별 기관별 15-20주 수집

첨부 1-2. Kor-GLASS 임상정보 수집 및 분석 절차

Kor-GLASS 국내 항균제 내성균 조사 체계는 WHO의 GLASS의 플랫폼에 기초하였으며, 국내 내성현황을 고려하여 중요성이 인정되는 내성균을 포함하는 등 지역성을 반영하였다.

Kor-GLASS는 수집센터와 분석센터로 구성되어 있으며, 각 수집센터에서 수집된 균주와 임상정보는 월 2회 전문운송기관을 통해 분석센터로 전달된다. 임상정보의 수집항목은 아래의 표와 같다.

표 첨부 1-3. 국내 항균제 내성균 조사체계 임상정보 수집

	종합병원 조사체계 (Kor-GLASS)	중소/요양병원 조사체계
수집기관	필수	필수
수집연/월	필수	필수
검체 종류	필수	필수
거주지	선택	선택
내원 구분	필수	선택
내원일/입원일	필수	필수
검체채취일	필수	필수
전원여부	필수	선택
전원입원기간	필수	선택
감염구분	필수	필수
병동	필수	선택
진료과목	선택	선택

균종별 분석센터는 분리균주에 대한 항균제 감수성 시험 및 특성화 분석을 진행하며, 분석이 완료되면 균종별로 랜덤으로 균주 중 일부를 선택하여 시험관리센터를 통해 정기적으로 결과에 대한 시험관리를 받고 있다. 시험관리가 완료되면 최종 결과와 균주를 주관부서인 약제내성과(現, 약제내성연구과)에 제출하고, 주관부서인 약제내성과(現, 약제내성연구과)는 1년동안 수집된 결과를 정리하여 WHO GLASS에 국가 데이터로 공유한다.

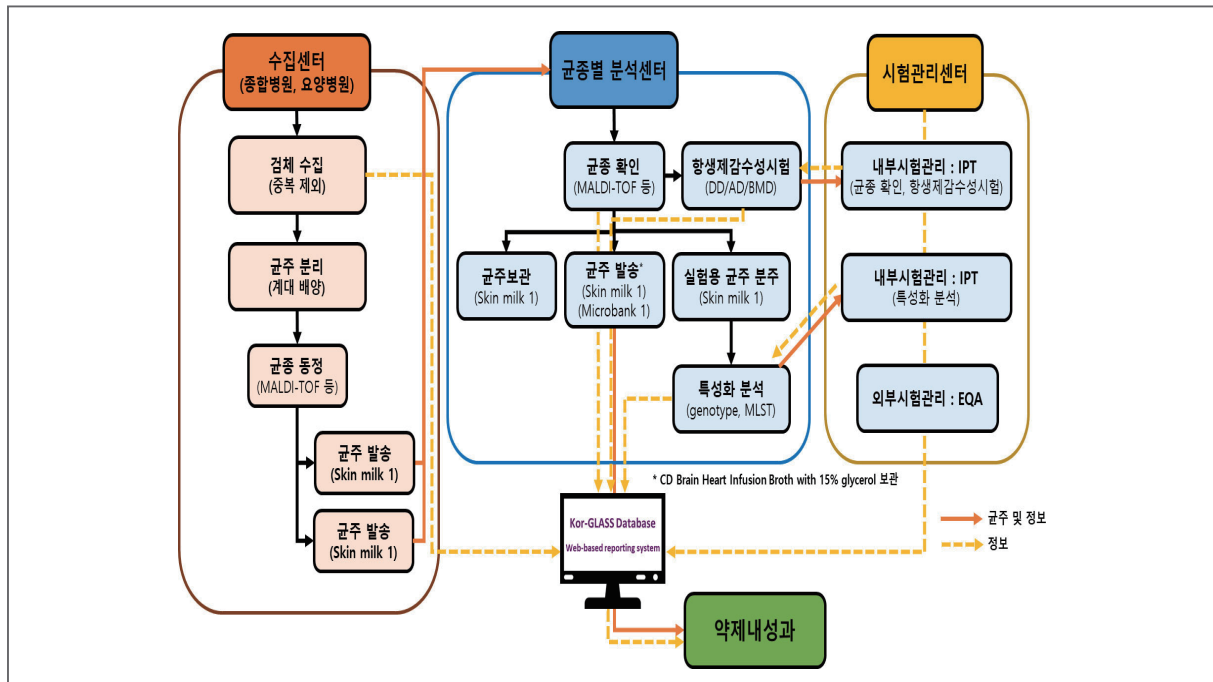


그림 첨부 1-1. 2019년 Kor-GLASS 항균제 내성균 조사사업 운영 체계 및 수집/분석 절차도

첨부 1-3. 국내 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 구성체

Kor-GLASS는 GLASS의 4가지 원칙 즉, i) 대표성 (representativeness); ii) 특화(specialization); iii) 중앙화(centralization); iv) 현지화(localization)을 기반으로 고안되었다. (표 첨부 1-4) 수집대상 권역은 국내 지역거점으로 하는 종합병원으로 1개 기관씩 선정하되 종합병원은 의료관련 감염병 표본감시병원 중 500~1,000병상의 규모를 지니고, 임상미생물 전공 진단검사의학 전문의가 근무하여 균주 수집 및 데이터의 정확성을 담보할 수 있는 지역거점 의료기관으로 구성하였다. 그리고 참여병원에서 분리된 병원균의 전수를 대상으로 분석센터를 따로 두어 표준화된 시험법에 따른 기본 분석 (균종 동정 및 항균제 감수성 시험) 및 추가 분석 (내성 기전 및 역학적 특성 확인)을 수행하도록 하였다. 또한 국내 실정에 맞게 GLASS의 권장 범위보다 확대하여 법정감염병으로 지정된 병원체 및 관련 항균제 감수성 시험을 추가하였고, 주요 항균제 내성 기전 규명 및 분자역학적 분석을 위한 유전자 검사 항목도 균종별로 추가하였다.

Kor-GLASS는 2016년부터 6개 권역을 대상으로 감시를 시작해서 2017년에는 8개 권역으로 확대해서 운영하였다. 총 14개의 센터를 중심으로 9개의 수집센터, 4개의 분석센터 및 1개의 시험관리센터가 운영되고 있다. 2018년에는 1개의 분석센터가 추가되어 총 15개의 센터를 운영하고 있다. (그림 첨부 1-2)

표 첨부 1-4. GLASS의 4가지 원칙

기준	반영한 원칙
대표성	• 종합병원은 지역 거점 내 1개의 기관으로 선정함 • 의료관련 감염병 표본감시병원 중 500~1,000병상의 규모 • 전수 수집 (중복균주 제외) • 지속적인 Kor-GLASS 참여 기관 및 책임자, 실무자 협의
특화성	• 임상미생물 전공 진단검사의학 전문의가 근무 • 재단법인 진단검사의학재단에서 시행하는 우수검사실 신임인증 평가에서 '우수검사실'로 선정 • 전자의무기록(electronic medical record) 시스템 확립 및 사용가능
중앙화	• 분석센터가 모든 수집균주의 균종 동정, 항균제 감수성 시험, 내성 기전 검출 및 역학적 특성 분석을 수행 • 모든 수집균주는 결과가 상이할 시 디스크 확산법으로 재실험 진행 (breakpoint 변경, 디스크 억제대 차이 등) • 모든 균주의 분석 결과는 사전에 약속된 엑셀 파일 양식에 맞춰 작성 • 모든 수집 균주는 저장하여 질병관리청 약제내성과(現, 약제내성연구과)에 발송
현지화	• 국내 실정에 맞게 항균제 추가 • 국내 실정에 맞게 다제내성균의 유전적 특성 검사 (MRSA, VRE, ESBL 등.) • 분자역학적 특성 검사 (spa typing, MLST, NG-MAST)

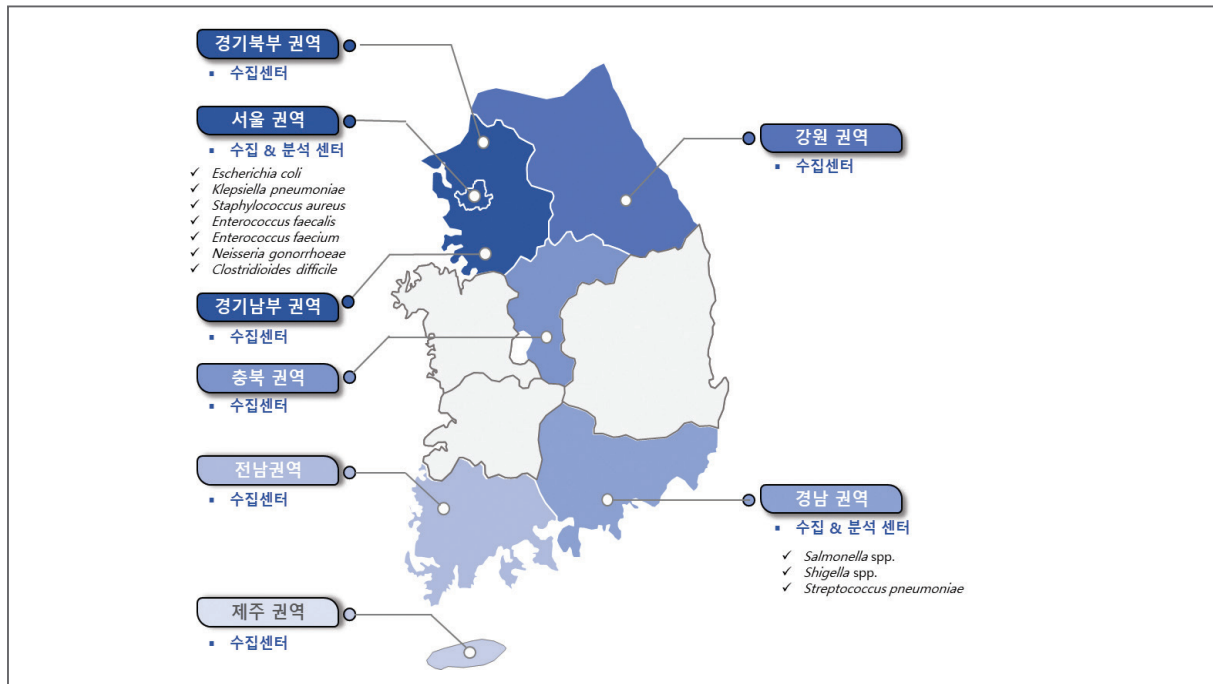


그림 첨부 1-2. 2019년 Kor-GLASS의 수집센터 및 분석센터 분포

첨부 1-4. 수집대상 균종 및 분석

〈수집대상 균종〉

GLASS에서는 i) 혈액 분리 *S. aureus*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., *C. difficile* ii) 뇌척수액 분리 *S. pneumoniae*, iii) 요 분리 *E. coli*, *K. pneumoniae*, iii) 변 분리 *Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., *C. difficile* v) 요도 및 자궁경부 면봉 분리 *N. gonorrhoeae*를 대상으로 하도록 권고하였다. Kor-GLASS에서는 이들 균종에 추가로 혈액 분리 *E. faecalis*, *E. faecium*, *P. aeruginosa* 및 *C. difficile*를 대상 균종에 포함하였는데, 이는 국내에서 이들 균종의 심각한 AMR 현황 조사를 위해서다. 요양병원에서도 종합병원과의 비교분석을 위하여 동일한 균종을 대상으로 조사 사업을 진행하였다.

표 첨부 1-5. 검체별 수집 균종

검 체	균 종
Blood	<i>S. aureus</i>
	<i>E. faecalis</i> , <i>E. faecium</i>
	<i>E. coli</i> , <i>K. pneumoniae</i>
	<i>Acinetobacter</i> spp.
	<i>P. aeruginosa</i>
	<i>S. pneumoniae</i>
	<i>Salmonella</i> spp.
	<i>C. difficile</i>
CSF	<i>S. pneumoniae</i>
Urine	<i>E. coli</i> , <i>K. pneumoniae</i>
Urethral or Cervical swabs	<i>N. gonorrhoeae</i>
Feces	<i>Salmonella</i> spp.
	<i>Shigella</i> spp.
	<i>C. difficile</i>

균주 수집의 세부지침

- i) 감시기간 내에 동일환자의 중복검체에서 분리된 동일한 균종의 균주는 첫 번째 균주만 수집
- ii) 한 환자의 중복검체에서 다른 균종이 분리된 경우엔 수집
- iii) 한 환자에서 다른 검체에서 동일한 균종이 분리된 경우 수집
- iv) 요 분리주는 다음과 같은 조건에 따라 수집
 - 1) 1개 균종 증식: 1×10^4 CFU/mL 이상인 *E. coli*와 *K. pneumoniae* 수집
 - 2) 2개 균종 증식: 1×10^5 CFU/mL 이상인 *E. coli*와 *K. pneumoniae*만 수집
 - 3) 3개 균종 이상 증식: 증식 정도에 관계없이 수집 균주 없음
 - 4) 카테터(catheter) 분리 균주

- 유치 도뇨관(Foley catheter 등) 분리 균주 제외
- 일회용 도뇨관(Nelaton catheter 등) 분리 균주는 포함

수집된 균주는 11자리의 균주번호를 부여하며, 균주번호는 권역, 의료기관 코드, 수집년도, 균종약어, 일련번호로 구성된다.

- 1) 권역: 8개 기관 (A – H)
- 2) 의료기관 코드 : 2자리 숫자
- 3) 수집년도: 2자리 숫자 (17)
- 4) 균종약어: *S. aureus* (SA), *E. faecalis* (EF), *E. faecium* (EM), *E. coli* (EC), *K. pneumoniae* (KP), *P. aeruginosa* (PA), *Acinetobacter* spp. (AB), *Salmonella* spp. (SL), *Shigella* spp. (SH), *N. gonorrhoeae* (NG), *C. difficile* (CD)
- 5) 일련번호: 4자리 숫자
Ex) A권역에서 2017년도에 35번째로 분리된 *S. aureus* : A0017SA0035

<균종별 검사 대상 항균제 및 유전자>

표 첨부 1-6. 균종에 따라 분석 대상 항균제 및 대상 유전자

대상 균종	대상 항균제	대상 유전자
<i>Staphylococcus aureus</i>	Cefoxitin, Vancomycin , Teicoplanin , Linezolid , Tigecycline , Erythromycin, Clindamycin, Quinupstin-dalfopstin(QDA), Trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), High-level Mupirocin	<i>mecA</i> , <i>mecC</i> , <i>pvl</i> , <i>TSST-1</i> , <i>agr</i> , <i>SCCmec</i> , <i>spa</i> type, <i>sea</i> , <i>seb</i> , <i>sec</i> , <i>sed</i> , <i>see</i> , <i>seg</i> , <i>seh</i> , <i>sei</i> , <i>sej</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>	Ampicillin, High-level Gentamicin, High-level Streptomycin, Ciprofloxacin, Tetracycline, Quinupostin-dalfopostin(QDA), Vancomycin , Teicoplanin , Linezolid , Tigecycline	<i>vanA</i> , <i>vanB</i>
<i>Enterococcus faecium</i>	Ampicillin, High-level Gentamicin, High-level Streptomycin, Ciprofloxacin, Tetracycline, Quinupostin-dalfopostin(QDA), Vancomycin , Teicoplanin , Linezolid , Tigecycline	<i>vanA</i> , <i>vanB</i>
<i>Escherichia coli</i>	Ampicillin, Piperacillin, Ampicillin-sulbactam, Cefazolin, Cefotaxime, Ceftazidime, Cefepime, Aztreonam, Cefoxitin, Imipenem , Meropenem , Ertapenem , Amikacin, Gentamicin, Trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), Tigecycline, Ciprofloxacin, Colistin	<i>TEM</i> , <i>SHV</i> , <i>CTX-M</i> , <i>DHA</i> , <i>CMY</i> , <i>KPC</i> , <i>NDM</i> , <i>OXA-48</i> , <i>VIM</i> , <i>IMP</i> , <i>GES</i> , <i>mcr-1</i>
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Piperacillin, Ampicillin-sulbactam, Cefazolin, Cefotaxime, Ceftazidime, Cefepime, Aztreonam, Cefoxitin, Imipenem , Meropenem , Ertapenem , Amikacin, Gentamicin, Tigecycline, Ciprofloxacin, Trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), Colistin	<i>TEM</i> , <i>SHV</i> , <i>CTX-M</i> , <i>DHA</i> , <i>CMY</i> , <i>VIM</i> , <i>IMP</i> , <i>KPC</i> , <i>NDM</i> , <i>OXA-48</i> , <i>GES</i> , <i>mcr-1</i>
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Piperacillin, Ampicillin-sulbactam, Ceftazidime, Cefepime, Imipenem , Meropenem , Amikacin, Gentamicin, Tobramycin, Ciprofloxacin, Minocycline, Tigecycline, Colistin	<i>rpoB</i> , <i>VIM</i> , <i>IMP</i> , <i>KPC</i> , <i>NDM</i> , <i>OXA-48</i> , <i>GES</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Piperacillin, Piperacillin-Tazobactam, Ceftazidime, Cefepime, Imipenem , Meropenem , Amikacin, Gentamicin, Tobramycin, Ciprofloxacin, Colistin	<i>VIM</i> , <i>IMP</i> , <i>KPC</i> , <i>NDM</i> , <i>OXA-48</i> , <i>GES</i>
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Azithromycin , Cefixime , Cefpodoxime , Ceftriaxone , Ciprofloxacin, Gentamicin, Spectinomycin , Nalidixic acid, penicillin G, Tetracycline	<i>penA</i> type, <i>mtrR</i> , <i>porB</i> , <i>ponA</i> , <i>pilQ</i> , 16S rRNA, <i>rpsE</i> , 23S rRNA, <i>ermB</i> , <i>ermC</i> , <i>ermF</i> , <i>mef</i>
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Amoxicillin-clavulanate , Cefotaxime, Ceftriaxone , Oxacillin, Cefuroxime, Co-trimoxazole, Erythromycin, Levofloxacin, Penicillin	-
<i>Salmonella</i> spp.	Azithromycin , Cefotaxime, Ceftazidime, Ciprofloxacin, Imipenem	<i>bla_{ctx-M}</i>
<i>Shigella</i> spp.	Azithromycin , Cefotaxime, Ceftazidime, Ciprofloxacin, Imipenem	<i>bla_{ctx-M}</i>
<i>Clostridioides difficile</i>	Ampicillin, Cefotetan, Clindamycin, Imipenem , Chloramphenicol Tetracycline, Moxifloxacin, Vancomycin , Metronidazole, Rifaximin	<i>tcdA</i> , <i>tcdB</i> , <i>cdtA</i> , <i>cdtB</i> , <i>ermB</i> , <i>catD</i> , <i>tetM</i> , <i>gyrA</i> , <i>gyrB</i> , <i>rpoB</i> , 16S-23S RNA

* 모든 항균제 기본 시험법은 디스크 확산법으로 수행(일부 제외) ** 붉은색 : 액체배지미량화석법 *** 초록색 : 한천배지화석법

첨부 2. 시험관리센터 고도화

1. 시험관리 고도화

Kor-GLASS 시험관리 프로그램의 목적은 본 사업에 참여하고 있는 각 실험실의 동정 및 항균제 감수성 실험의 질을 평가하기 위한 것으로 수집 균주의 일정 부분을 시험관리센터에서 재실험하여 그 결과를 비교하고, 특성 분석이 완료된 균주를 각 실험실에 보내어 실험 결과를 받아서 평가하는 것이다. 정기적인 시험관리를 통해 최종적으로 결과의 정확성 및 신뢰성을 확보하고자 한다.

IPT 결과는 일정 수집 기간의 결과의 적합성을 판정하는데 사용되며, 적절한 경우, 수집 균주는 주관 기관으로 이송하도록 한다. EQA 결과는 참여 실험실의 실험 능력 수립의 필요성을 판단하는데 사용된다. 모든 참여 실험실은 Kor-GLASS 시험관리센터에서 작성한 질관리 보고서를 받으며, 이를 통해 각 실험실의 실험의 질을 평가하고, 실험 과정의 문제점을 확인하는데 이용한다.

시험관리센터는 고도화를 통해 인체 및 비인체 분야 (동물, 환경, 식품 등)에서도 정기적인 IPT와 EQA를 확대하여 수행하고, 비인체분야에서 주로 분리되는 균종으로 *S. epidermidis*, *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp. 등 시험관리 대상 균종을 추가하였다. 또한 colistin이나 carbapenem 항균제의 항생제 감수성 시험법을 확대하거나 개선하였다. 항생제 감수성 시험 외 내성 유전자 및 분자 역학 부분에 대해 시험관리를 확대하였고, 이를 바탕으로 유전자 참조균주를 개발, 기탁하여 연구자와 공유하도록 하였다.

2. 시험관리 프로그램 내용

1) 검사실간 유효성 검증(Interlaboratory proficiency testing, IPT)

- A. 대상 : 균종별 분석센터
- B. 형태 : 분석센터 수집균주 중 균종 별로 랜덤으로 5%를 선정, 오류율 분석
- C. 주기: 월 1회
- D. 시험 항목 : 동정, 항균제감수성검사, 항균제 내성유전자 검사
- E. 결과에 따른 추가 조치 : very major error 결과(내성을 감수성 or 감수성을 내성)가 3% 이상 시
추가로 5%를 선정하여 2차 유효성 검증을 시행
- F. 기준 부적합 : 분석센터에서는 해당 월 전체 수집 균주 대상 재검을 시행, 실험 문제점 분석, 해결

2) 외부정도관리(External Quality Assessment, EQA)

- A. 대상 : 8개 수집센터, 균종별 분석센터
- B. 형태 : 5개의 균주로 구성된 시험관리패널(시험관리센터에서 구성 및 배포)
- C. 주기: 연 4회
- D. 시험 항목 : 동정(필수), 항균제감수성검사, 항균제 내성유전자 검사(수집센터 대상 선택)
- E. 결과에 따른 추가 조치 : Kor-GLASS 위원회에 의해 결정된 질관리 원칙에 따라 판단
- F. 기준 부적합 : 각 실험실은 실험상 오류를 분석하여 보고서를 시험관리센터에 제출, 필요에 따라 전문가의 외부 점검

첨부 3. Kor-GLASS WHO 제출 (WHO 결과 보고서)

1. 2018 WHO GLASS 참여 현황

(WHO GLASS Early Implementation Report: 2018-2019)

2018년 WHO GLASS에 참가한 국가는 총 82개국이었으며, 저소득국가(low-income country) 13개국, 중저소득국가(lower middle income country) 23개국, 중고소득국가(upper middle income country) 16개국, 고소득국가(high income country) 30개국이었다. 그 중 66개국이 AMR 정보를 제공하였으며, 이는 작년 47개국에 비해 약 50%가 증가한 수치이다.

GLASS REPORT 2020	INCOME LEVEL ¹			
	LOW	LOW AND MIDDLE	UPPER AND MIDDLE	HIGH
No data reported (n=4)	Malawi	Ghana	Gabon	
		Mauritania		
Information on national surveillance system reported (n=12)	Democratic People's Republic of Korea	Bhutan	Libya	
	Liberia	Côte d'Ivoire	Mauritius	
	Gambia	Kenya		
	United Republic of Tanzania	Occupied Palestinian Territory, including North Jerusalem		
		Zambia		
		Zimbabwe		
AMR data reported (n=1)	Yemen			

GLASS REPORT 2020	INCOME LEVEL ¹			
	LOW	LOW AND MIDDLE	UPPER AND MIDDLE	HIGH
Information on national surveillance system and AMR data reported (n=66 ²)	Afghanistan	Bangladesh	Bosnia and Herzegovina	Argentina
	Ethiopia	Cambodia	Brazil	Australia
	Madagascar	Egypt	Georgia	Austria
	Mali	India	Iran (Islamic Republic of)	Bahrain
	Nepal	Indonesia	Iraq	Canada
	Syrian Arab Republic	Jordan	Lebanon	Croatia
	Uganda	Lao People's Democratic Republic	Malaysia	Cyprus
		Mozambique	Maldives	Czech Republic
		Myanmar	Russian Federation	Finland
		Nigeria	South Africa	France
		Pakistan	Thailand	Germany
		Philippines	North Macedonia	Greece
		Sri Lanka		Ireland
		Sudan		Italy
		Tunisia		Japan
				Latvia
				Lithuania
				Luxembourg
				Malta
				Netherlands
				Norway
				Oman
				Poland
				Republic of Korea
				Saudi Arabia
				Sweden
				Switzerland
				United Arab Emirates
				United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
				United States of America

그림 첨부 3-1. 2018년도 국가별 WHO GLASS 보고 현황

2018년 국내 종합병원 다제내성균 조사 및 특성 분석 사업의 결과를 정리하여 WHO GLASS에 보고하였으며, *N. gonorrhoeae*를 제외한 모든 대상 균종에 대하여, AST 결과, 임상정보(나이, 성별, 감염구분, sample data)를 포함한 모든 데이터를 완비하여 제출하였다.

Republic of Korea

Population 51.23 million

The Republic of Korea, depending on the domestic situation, is adding pathogens to the GLASS list and examining resistant genes or virulence genes.

SURVEILLANCE ACTIVITIES	IMPLEMENTATION
GLASS-AMR	✓
GLASS-AMC	
HIV DR ¹	
DR TB ²	✓
Malaria TES ³	
Tricycle	
EGASP	

1. HIV Drug-Resistance
2. Drug-Resistant TB
3. Malaria Therapeutic Efficacy Studies

National AMR surveillance systems key indicators

Indicators reported to GLASS

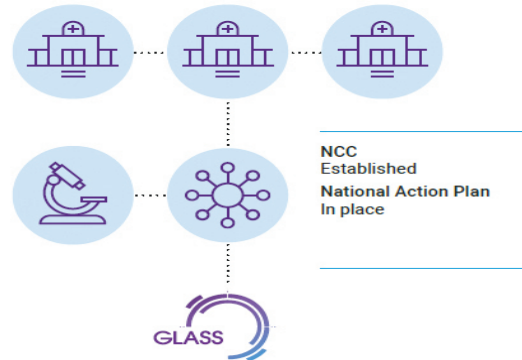
8
surveillance sites
participating
to the national
surveillance system

8
hospitals
0
outpatient
facilities

4 laboratories
performing AST
EQA provided to all labs
for bacterial identification
and AST for all GLASS
pathogens

NRL
Established
AST standard
EUCAST/CLSI
EQA
Provided

in 2019 data call
all national surveillance
sites reported to GLASS



Drug-resistant TB surveillance	
High burden country ¹	No
Source of data	Surveillance
Surveillance coverage	National
Year of most recent activity	2018
Number of data points (1995-2019) ²	6

1. This indicates whether the country has been defined by WHO for the period of 2016-2020 as having a high burden of TB and/or multidrug-resistant TB (MDR-TB)
2. Number of years from which data are available between 1995 and 2019

AMR data submission to GLASS (2019 data call)						
Specimen type	Pathogen	AST results	Age	Gender	Infection origin	Data on number of tested patient
Blood	Acinetobacter spp.	●	●	●	●	●
	E. coli	●	●	●	●	
	K. pneumoniae	●	●	●	●	
	Salmonella spp.	●	●	●	●	
	S. aureus	●	●	●	●	
Stool	S. pneumoniae	●	●	●	●	●
	Salmonella spp.	●	●	●	●	
Urine	Shigella spp.	●	●	●	●	●
	E. coli	●	●	●	●	
Genital	K. pneumoniae	●	●	●	●	●
	N. gonorrhoeae	●	●	●	●	

● 70-100% data reported ● <70% data reported ● No data reported

그림 첨부 3-2. 2018년 WHO GLASS 한국 데이터 결과

2018년 WHO GLASS 보고서에서는 국가별 항균제 내성률을 보고하지 않고, 보고한 국가의 수 및 내성률의 분포를 정리하여 보고하였으며, 국내 내성률과 전세계 내성 현황을 비교하여 국내 주요 내성균의 내성률의 실태를 확인해 볼 수 있다. 국내 MRSA는 2018년 47.1%로 외국과 비교하였을 때, 매우 높은 수준이다. *E. coli*는 주요 항생제 내성률이 전세계적인 평균과 유사하며, *K. pneumoniae*의 주요 항생제 내성률은 전세계 평균보다 다소 낮은 수준이다. *Acinetobacter* 균속의 내성률도 높은 편에 속한다.

국내 내성률 현황을 GLASS 플랫폼을 통해 다른 나라의 실태와 지속적으로 비교할 수 있으며, 새로이 나타나는 내성균에 대해서도 지속적으로 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

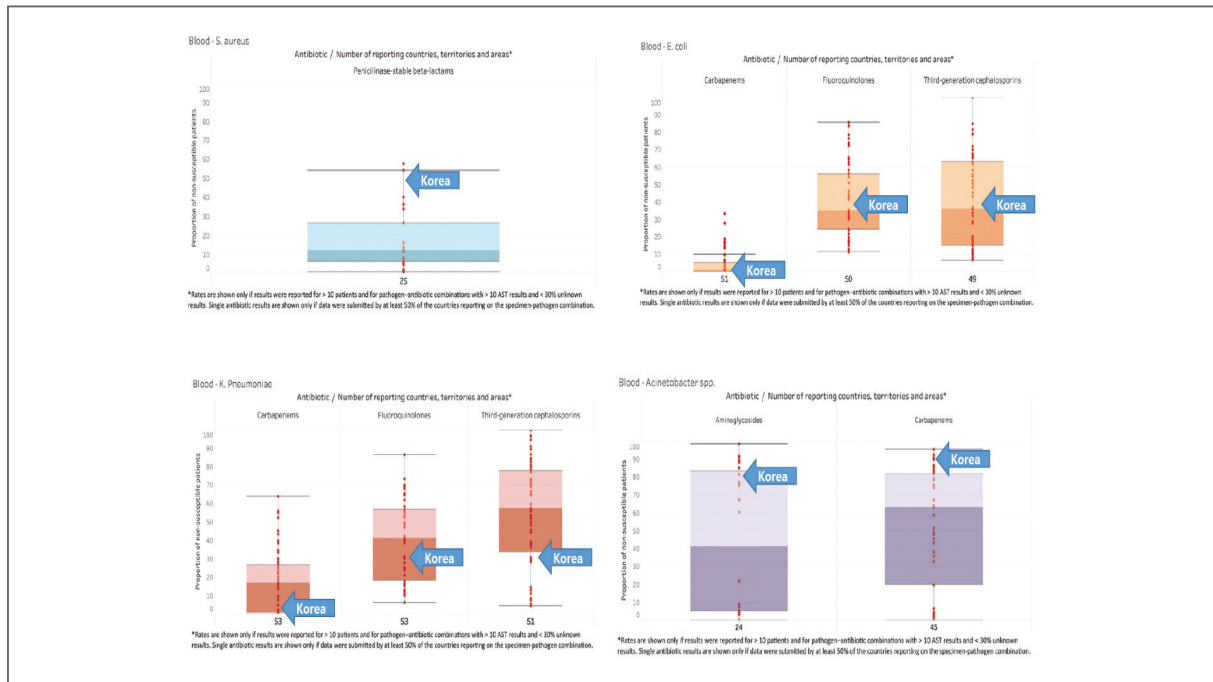


그림 첨부 3-3. 2018년 WHO GLASS 보고서에서 한국의 주요 항균제 내성률 현황 비교

첨부 4. Kor-GLASS 관련 행사 및 실적(2019)

1. Kor-GLASS 주요 행사

제목 : WHO GLASS 결과 제출

일시 : 2019년 7월 23일, WHO GLASS web site

내용 : Kor-GLASS 수집 병원체 총 13,440주의 항균제 내성 시험 결과 WHO에 통보 (2018.1.~2018.12.)

제목 : Kor-GLASS 상반기 워크숍

일시 : 2019년 7월 25일~26일, 충주

내용 : Kor-GLASS 항생제 내성 정보 활용 및 연계 연구

제목 : 국제 공동 심포지엄 발표 (Kor-GLASS)

일시 : 2019년 9월 5일~6일, 서울

내용 : WHO GLASS 및 Kor-GLASS 2단계 사업 전략 발표

제목 : 한중일 감염병 예방관리포럼 및 공동 심포지엄 발표

일시 : 2019년 11월 19일~20일, 중국 상하이

내용 : 한중일 감염병 예방관리포럼 및 공동 심포지엄 참석 및 AMR 파트 내 Kor-GLASS 발표

제목 : 2019년 정책/학술연구용역과제 결과 토론회 워크숍

일시 : 2019년 11월 27일~28일, 대전

내용 : 2019년 약제내성과 정책/학술연구용역과제 결과 공유 및 토론회

2. Kor-GLASS 주요 실적

제목 : An Excel Macro to determine allelic and sequence types of bacterial clones in multilocus sequence typing

학술지 : *Ann Lab Med.* 2019;39:183-189

DOI : 10.3343/alm.2019.39.2.183

Impact factor : 2.635

제목 : Prospective Observational Study of the Clinical Prognoses of Patients with Bloodstream Infections Caused by Ampicillin-Susceptible but Penicillin-Resistant *Enterococcus faecalis*

학술지 : *Antimicrob Agents Chemother.* 2019;63:e00291-19

DOI: 10.1128/AAC.00291-19

Impact factor : 4.715

제목 : Reply to Zhou and Tang, "Some Doubts on the Study of Clinical Prognoses of Patients with Bloodstream Infections Caused by Ampicillin-Susceptible but Penicillin-Resistant *Enterococcus faecalis*"

학술지 : *Antimicrob Agents Chemother.*

DOI: 10.1128/AAC.01615-19

Impact factor : 4.715

제목 : Toxic shock syndrome toxin 1-producing MRSA of clonal complex 5, the New York/Japan epidemic clone, causing a high early mortality rate in patients with a bloodstream infection

학술지 : *Antimicrob Agents Chemother.* 2019;63:e01362-19

DOI: 10.1128/AAC.01362-19

Impact factor : 4.715

제목 : Differences in antimicrobial resistance phenotypes by the group of CTX-M extended-spectrum β -lactamases

학술지 : *Ann Clin Microbiol.* 2019;22;1-8

DOI : 10.5145/ACM.2019.22.1.1

Impact factor : 5.897

제목 : Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* blood isolates harboring a novel pseudo-staphylococcal cassette chromosome *mec* element

학술지 : *Front Microbiol.* 2019;29;10:540

DOI: 10.3389/fmicb.2019.00540

Impact factor : 4.259

제목 : Mortality dynamics of *Pseudomonas aeruginosa* bloodstream infections and the influence of defective OprD on mortality: prospective observational study

학술지 : *J Antimicrob Chemother.* 2019;74:2774-2783

DOI : 10.1093/jac/dkz245

Impact factor : 5.439

제목 : Antimicrobial resistance in South Korea: a report from Kor-GLASS for 2017

학술지 : *J Infect Chemother.* 2019;25:845-859

DOI: 10.1016/j.jiac.2019.06.010

Impact factor : 1.539

제목 : Bloodstream infections and carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in South Korea

학술지 : *Lancet Infect Dis.* 2019;19:931-932

DOI : 10.1016/S1473-3099(19)30431-1

Impact factor : 27.516

제목 : Counter clinical prognoses of patients with bloodstream infections between causative *Acinetobacter baumannii* clones sequence type (ST) 191 and ST451 belonging to clonal complex 92: prospective observational study

학술지 : *Front Public Health.* 2019; 7: 233.

DOI : 10.3389/fpubh.2019.00233

Impact factor : 2.031

CHAPTER 2

K A R M S

Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System, 2019

2019 국가 항균제 내성 정보 연보

요약문

중소병원, 요양병원, 의원의 항균제 내성추이

국내 병원 내 주요 감염 원인균 9종을 대상으로 중소병원에서 분리된 세균의 항균제 내성률과 내성양상 분석을 위해 2007-2009년은 2개 임상검사센터에서, 2010년부터는 5개 임상검사센터에서 내성정보를 수집하였고 중소병원, 요양병원, 의원으로 분류하여 항균제 내성추이를 분석 하였다.

S. aureus Oxacillin 내성률은 요양병원, 중소병원, 의원 순으로 높았다. 중소병원 oxacillin 내성률은 2018년보다 0.5% 증가하였고 요양병원과 의원에서는 각각 7.7%, 4.9% 증가했다. Mupirocin 내성율이 2016년부터 증가추세를 나타내고있으며 2019년에는 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 15%, 26.1%, 14.6%를 나타냈다.

E. faecalis 자동화 장비에 의한 ampicillin 내성률은 2009년 이후 지속적으로 감소하여 중소병원은 0.4%로 2018년도에 비해 감소 했으며 요양병원에서 1.3%, 의원에서는 0.1%를 나타냈다. 2019년 vancomycin 내성률은 중소병원, 의원에서 모두 유지하는 양상을 나타냈지만 요양병원에서는 10.9%로 2018년보다 9.2% 감소하였다.

E. faecium Vancomycin 내성률의 경우 중소병원과 요양병원, 의원에서는 44.4%, 84.7%, 62.2%로 나타났다. Quinupristin-Dalfopristin (QDA)의 내성률은 의원에서 6.3%로 2018년 보다 1.8% 감소하였다. 요양병원에서 ampicillin과 ciprofloxacin은 98.2%과 99.4%로 매우 높은 내성률을 보였다.

S. pneumoniae Penicillin G 내성률은 자동화 장비에 의한 감수성 결과에서 중소병원, 요양병원, 의원에서 2019년에 7.6-59.5%였다. Erythromycin과 tetracycline 내성률은 중소병원, 요양병원, 의원에서 85.9-92.4%, 54.1-85.6%를 나타냈다.

E. coli cefotaxime, ceftazidime 내성률은 각각 24.1-72.6%, 23.4-70.7%를 나타냈고, fluoroquinolone계 내성률은 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 46.2%, 83%, 35.5%를 나타냈다.

K. pneumoniae cefotaxime, ceftazidime 내성률은 23.6-71.9%, 24-71.9%를 나타냈고, imipenem 내성률은 5.9-16.4%로 요양병원은 3.3% 증가하였지만 중소병원과 의원에서는 9.5%, 2.8% 감소했다.

E. cloacae cefotaxime, ceftazidime 내성률은 20.6-39%, 11.9-31.2%를 나타냈고, 요양병원 imipenem 내성률은 3.9%로 중소병원, 의원보다 높게 나타났다.

P. aeruginosa imipenem 내성률은 17.3-47.3%였고, meropenem 내성률은 12.9-40.6%를 나타냈다.

A. baumannii 중소병원, 요양병원, 의원에서 imipenem 내성률은 각각 58%, 84.8%, 47.1%였고 meropenem 내성률은 각각 58%, 85.4%, 47.1%를 나타냈다.

법정감염병 원인균 항균제 내성추이

장내세균 3종은 수인성 · 식품매개 병원체감시(Enter-Net) 및 질병관리본부 세균분석과에서 수집한 항균제 내성균 정보를 분석하였고, 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)와 카바페넴 내성 장내세균(CRE)은 2020년 1월 감염병예방법 개정에 따른 감염병 분류체계 개편에 따라 제3군감염병에서 제2급감염병으로 변경되었고 2019년 시도보건환경연구원으로 수집된 균주로 항균제 내성정보를 분석하였다.

요약문

장내세균

Salmonella Typhi nalidixic acid와 ciprofloxacin 내성 장티푸스균은 확인되지 않았으나 cefotaxime 내성균은 9.1% 내성률로 역대 최고치를 기록하였다.

Non-typhoidal Salmonella *Salmonella* Typhimurium을 제외하고 2019년 비 장티푸스성 살모넬라균은 cefotaxime 항균제에 대한 내성률이 전년 대비 소폭 감소 했지만, nalidixic acid와 ciprofloxacin은 유사 수준의 내성률을 보이거나 소폭 증가되는 것으로 확인되었다.

Shigella spp. *S. sonnei* 분리주 cefotaxime 항균제 내성률 9.1%로 전년 대비 큰 폭으로 감소되었고 nalidixic acid 과 ciprofloxacin 항균제도 각 15.9%와 11.4%로 내성률이 크게 감소되었다. *S. flexneri*은 2019년 cefotaxime 항균제 내성균은 확인되지 않았으나, nalidixic acid과 ciprofloxacin 항균제에 대한 내성은 전년 대비 증가되는 것을 확인되었다.

Campylobacter jejuni Ciprofloxacin과 Nalidixic acid 항균제는 83.3%로 2017년이후 높은 내성률이 유지되고 있는 것으로 확인되었다. 또, macrolide계 항균제인 azithromycin와 erythromycin은 0.6%로 전년과 유사 수준의 내성률을 보이고 있었으나 telithromycin 항균제 내성률이 16.0%로 큰 폭으로 증가되는 것을 확인하였다.

실험실 전수감시

VRSA 확인진단으로 의뢰된 13균주중 6주가 VISA로 분리되었으며 VRSA는 검출되지 않았다.

CRE 시도보건환경연구원과 질병관리청에 CRE/CPE 확인동정의뢰건중 11,805건이 CRE로 확인되었으며 9,567주의 CPE가 확인되었다. 2019년 한 해 동안 국내에서 확인된 카바페넴 분해효소 유전자형은 KPC-type이 7,340주로 가장 많았고 OXA-type이 177주, NDM- type 1,768주, VIM type 10주, IMP type 16주, GES-type 14주 등이 확인되었다.

I

서론

I 서론

1.1. 배경

2009년에 인도를 다녀온 스웨덴인에서 카바페넴 내성 NDM-1 생성 장내세균이 처음 분리된 이후 인도, 파키스탄, 영국, 미국, 일본 등에 이어 우리나라에서도 카바페넴 내성 그람음성균 등 다제내성균 감염사례가 증가하고 있으며, 감염증 치료에 항균제 선택이 제한되거나 치료 실패로 이어지면서 내성에 대한 의학적 및 보건학적 관심이 전세계적으로 증대되고 있다. 미국, 영국, 스웨덴, 유럽 등지에서는 NARMS (National Antimicrobial Resistance Monitoring System), BSAC (British Society for Antimicrobial Chemotherapy) Bacteremia Surveillance Project, SWEDRESS, EARS-Net (European Antimicrobial Resistance Surveillance-Network) 등의 항균제 내성연보(Annual Report)를 발간하여 의료인과 국민에게 신뢰성 있는 내성 정보를 산출하여 제공하고 있다. 이에 국내에서는 2010년 12월 30일에 반코마이신내성 황색포도알균 (VRSA), 메티실린내성 황색포도알균(MRSA), 반코마이신내성 장알균(VRE), 카바페넴내성 장내세균속균종 (CRE), 다제내성 녹농균(MRPA), 다제내성 아시네토박터바우마니균(MRAB) 총 6종의 다제내성균을 표본 감시대상으로 지정하고 주간단위로 감시하기 시작했다. 또한 2009년부터 질병관리본부의 정보자원과 함께, 관련 학회, 의과대학, 병원, 임상검사센터 등 유관 기관 전문가들의 협조를 통해 전국 다기관 네트워크에서 주요 의료관련 감염병 원인균에 대한 내성정보를 수집하여 내성률을 산출하고, 장내세균 내성감시, 법정감염병 3군(VRSA, CRE) 정보를 종합분석하여 연보형태로 제공하고 있다.

1.2. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구축

국내 최초의 종합병원 AMR (Antimicrobial resistance) 감시 시스템인 KARMS는 현 질병관리청 주관으로 2002년에 시작되었고, 국내 종합병원과 중소병원, 요양병원, 의원의 주요 내성균 내성현황 및 추이정보를 2009년 부터 연보형태로 발간되고 있다. KARMS에 참여한 종합병원은 2002년 8개에서 2015년에는 37개로 확대하는 등 국내 항균제 내성 감시에 중요한 역할을 담당하고 있었으나 2016년부터 시작한 새로운 감시 시스템인 Kor-GLASS사업과 중복되는 종합병원의 내용을 제외하고 2017년 KARMS연보부터는 전국 중소병원, 요양병원, 의원의 항균제 내성현황 및 추이에 대한 정보를 제공하고 있다..

1.3. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구성 및 운영

KARMS는 국내 병원 내 감염 주요원인균과 법정감염병 원인균의 항균제 내성 정보를 분석한 연보로서, 국내 병원 내 감염 주요 원인균 9종(*S. aureus*, *E. faecium*, *E. faecalis*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *E. cloacae*,

P. aeruginosa 및 *A. baumannii*)의 정보는 임상검사센터에서 자동화기기를 활용하여 검사한 항균제 감수성검사 결과자료를 수집하여 분석하였다. 2019년도에 수집된 내성정보는 1,000개 중소병원, 560개 요양병원, 2,849개 의원에서 의뢰된 검사결과에서 내성정보가 수집되었다. 일부 병원에서 중복으로 임상검사센터에 의뢰가 가능하기 때문에 중복 건수가 포함될 수 있어 동일병원 3개월내 중복 분리주를 제외하고 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 표준화 과정 후 분석한 내성정보를 제공하고 있다. 주요 법정 감염병 원인균으로 장내세균(*Salmonella typhi*, Non-typhoidal *Salmonella*, *Shigella* spp., *Campylobacter jejuni*)은 병원체감시(Enter-Net) 및 질병관리본부 세균분석과에서 수집한 항균제 내성균 정보를 분석하였고, 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)와 카바페넴 내성 장내세균속균종(CRE)은 2019년 시도보건환경연구원으로 수집된 균주로 항균제 내성정보를 분석하였다

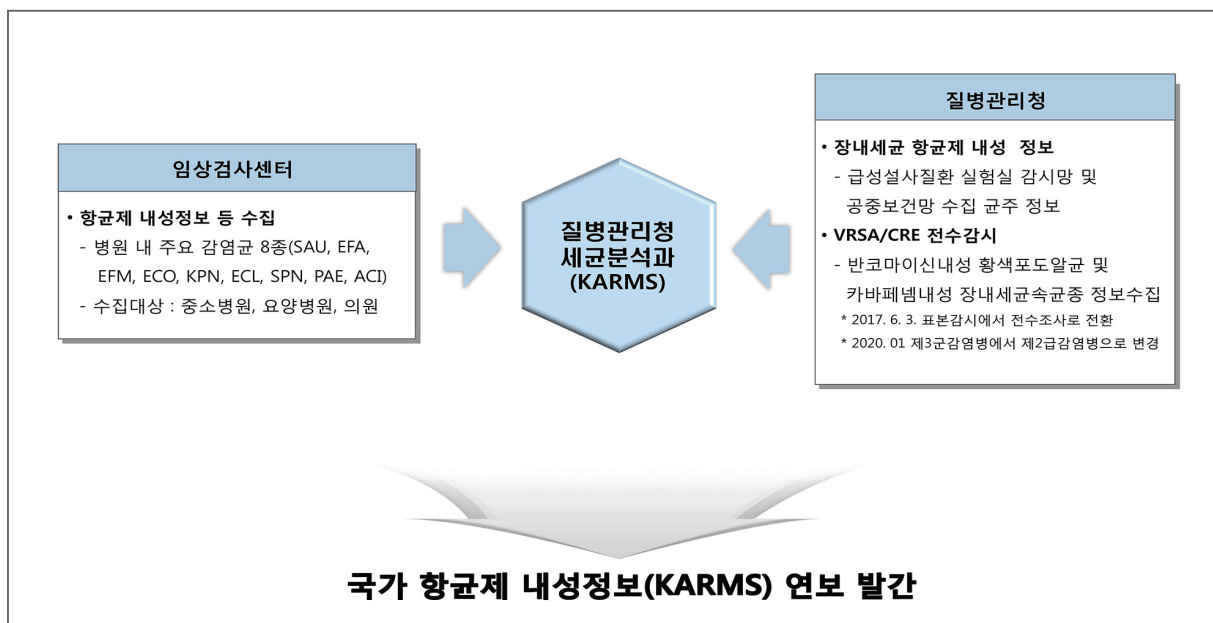


Figure 1-1 Progress of Korean antimicrobial resistance monitoring system

II

병원 내 감염의
주요 원인균

II 병원 내 감염의 주요 원인균

2.1. 국내 항균제 내성정보 조사결과: 중소병원

2.1.1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

폐렴, 균혈증 등을 일으키는 의료관련감염의 주요 원인균으로 2019년 주요 분리원은 호흡기(25.5%), 상처(23.1%), 농양(20.6%) 검체순으로 확인되었다. MRSA의 비율은 53.9%이고, mupirocin 내성이 15%로 2016년부터 증가추세를 나타내고 있으며, linezolid 내성률은 0.1%로 2018년과 동일하였다(Table 2-1, Figure 2-1).

Table 2-1 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin ^a	66.1	3223	67.8	4583	68.1	5325	58.4	6731	62.9	8894	65.4	10288	62.7	9147	56.6	9066	59.1	11122	53.6	8215	50.7	9885	53.4	12050	53.9	13502
Penicillin G	99.7	3495	97.9	4640	96.3	5395	95.3	4589	95.9	4292	95.8	10246	94.8	7919	93.8	8122	94	8497	91.5	8302	92.4	9727	93.3	13834	91.4	11589
Erythromycin	59.6	3261	60.5	4381	61.4	5144	51.3	6578	56	8687	57.8	10038	55.3	8961	48.1	8858	48.5	10918	41.3	8121	42.1	11382	42.8	14743	40.6	13301
Clindamycin ^b	56	3261	52.6	4381	53.2	5085	48.7	6608	53.7	8812	55.3	10072	53.3	8961	44.5	8858	44.6	10922	40.3	8124	40.2	11385	41.2	14744	34.4	13302
	45.1	3259	44.4	4380	44.8	5080	34.6	6603	35.1	8809	37.2	10072	32.8	9295	28.6	8858	30	10927	24.9	8124	24.3	11384	26.6	14743	19.9	13301
Gentamicin	53.3	3509	52.8	4642	53.1	5398	42.4	6730	46.1	8891	47.7	10275	43.5	9146	34.1	9067	35.8	11124	29.4	8452	30.3	11589	30.4	14983	25.1	13504
Ciprofloxacin	50.2	3508	52.1	4643	52.9	5394	41.1	6697	46.1	8894	49	10279	46.7	9141	39	9060	40.4	11113	36.9	8507	38.1	11575	42.1	14979	34.9	13487
Tetracycline	48.7	3508	50.1	4643	51.7	5397	40.2	6732	44.6	8766	47.2	10250	44.4	9148	35.4	9060	35.8	11115	28.7	8295	27.4	11577	30.9	14980	22.5	13489
Rifampin	3	2605	2.6	4640	2.5	5394	3	6732	3.8	8757	3.6	10250	3.4	9147	3	9067	2.8	11124	3.6	8218	3	11589	3.3	14983	1.8	13505
SXT ^c	12.3	3508	9	4643	7.4	5400	5.3	6738	3.6	8903	4.8	10275	4.2	9141	3.8	9067	5.9	11126	5.6	8536	4.2	11587	4.4	14983	4.4	13506
Vancomycin ^d	0	3509	0	4642	0	5396	0	6737	0	8904	0	10288	0	9147	0	9067	0	11125	0.3	8302	0	11589	0	14983	0	13507
Linezolid	0.2	3495	0.4	4632	0.1	5374	0.1	6615	0.2	8778	0.1	10154	0.1	9141	0.1	9068	0.1	11126	0.1	8304	0.1	11589	0.1	14983	0.1	13506
QDA ^e	0.4	2605	0.2	4642	0.1	5395	0.1	6588	0.1	8767	0.2	10152	0	9315	0.1	9068	0.1	11126	0.4	8281	0	11589	0.1	14983	0.1	13505
Mupirocin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	3.8	3279	5.2	5547	12.1	7004	8.1	9028	11.6	11083	10.4	8170	11.6	11366	13.9	13834	15	11589

^a Including cefoxitin.

^b The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

^c Trimethoprim sulfamethoxazole.

^d VISA ; 2007(0.2%), 2008(0.3%), 2009(0.2%), 2010(0.1%), 2011(0.0%), 2012(0.1%), 2013(0.1%), 2014(0.0%), 2015(0.0%), 2016(0.0%), 2017(0.0%), 2018(0.0%), 2019(0.0%)

^e Quinupristin dalfopristin

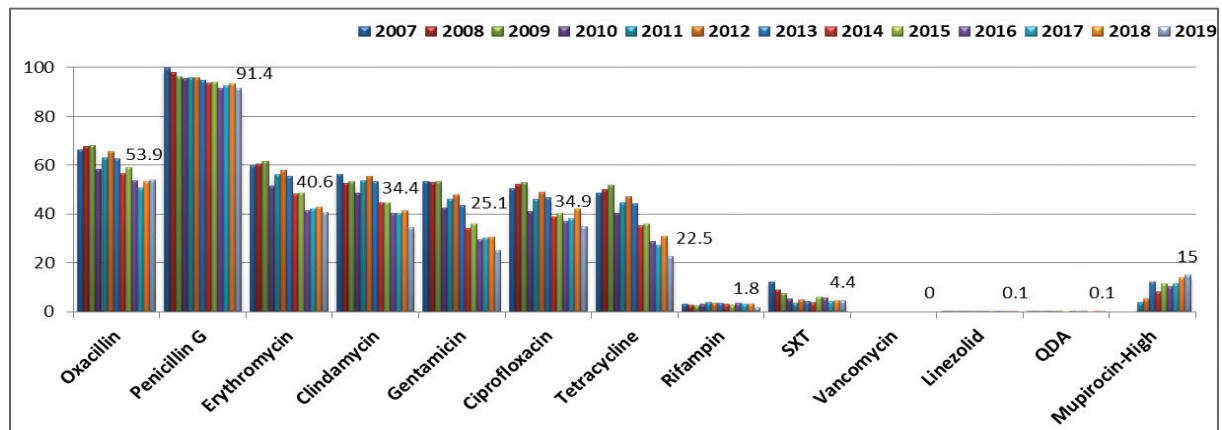


Figure 2-1 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from hospitals

2.1.2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

면역저하환자, 만성 기저질환자에서 요로감염이나 균혈증 등을 일으키는 기회 감염균으로 국내에서는 *E. faecium*이나 *E. faecalis*가 주로 확인된다. 2019년 주요 분리원은 소변(72.1%), 대변(7.3%), 질(6.5%) 검체순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

Ampicillin 내성률은 2009년 35.6% 이후 감소하여 2019년에는 0.4%로 나타났다. Ciprofloxacin 내성률은 23.4%이고, 고농도 gentamicin 내성률은 57.4%로 2015년 이후 감소추세를 보였다. 고농도 streptomycin 내성률은 2011년 이후 감소하여 2019년에는 16.7%로 나타났으며 tetracycline 내성률은 87.0%로 나타났다. Vancomycin과 linezolid 내성률은 0.8%와 0.6%로 나타났다(Table 2-2, Figure 2-2).

Table 2-2 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin*	8.2	2238	19.7	2717	35.6	2767	32.1	2492	20.9	4124	18.7	5502	16.5	4419	13.9	5599	8.1	6777	4.5	6052	0.7	8585	1	11117	0.4	10280
	0.9	2222	0.8	2707	0.9	2761	0.3	2487	0.5	4123	0.7	5502	0.8	5077	1.1	5599	0.6	6777	4.3	5985	0.7	8585	1	11113	0.3	10269
Ciprofloxacin	40.9	2238	39.8	2719	41.7	2771	28.8	3523	31.5	4103	32	5288	32.5	4273	35.4	5482	33.1	6626	31.4	5898	29.5	8057	27.5	10553	23.4	9711
Gentamicin-High	66.3	2198	67.6	2697	69.9	2750	63.6	3488	66	4090	65.1	5438	64.1	4405	62.7	5486	64.4	6149	63	5191	61.6	8020	58.9	10607	57.4	9278
Streptomycin-High	28.9	2181	25.8	2688	30.1	2739	26.9	3476	29.9	4083	26.6	5431	23.1	4402	20.4	5588	17.6	6759	18.4	5758	18.4	8565	17.8	11078	16.7	10249
Tetracycline	87.9	2239	86.4	2716	88.5	2770	88.3	3522	89.4	4053	90.1	5289	89.9	4279	88.7	5578	89.7	6631	87.8	5659	87.5	8058	87.4	10554	87	9713
Vancomycin	0.3	2238	0.7	2718	0.7	2770	0.5	3522	1	4127	0.6	5503	0.6	4421	1	5600	2.4	6778	1.9	5805	1.2	8583	1.7	11113	0.8	10280
Linezolid	0.9	2222	1.2	2707	1.3	2763	0.7	3498	0.6	4097	0.3	5446	0.4	4415	0.2	5599	0.2	6777	0.4	5803	0.4	8584	0.4	11112	0.6	10282

* The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

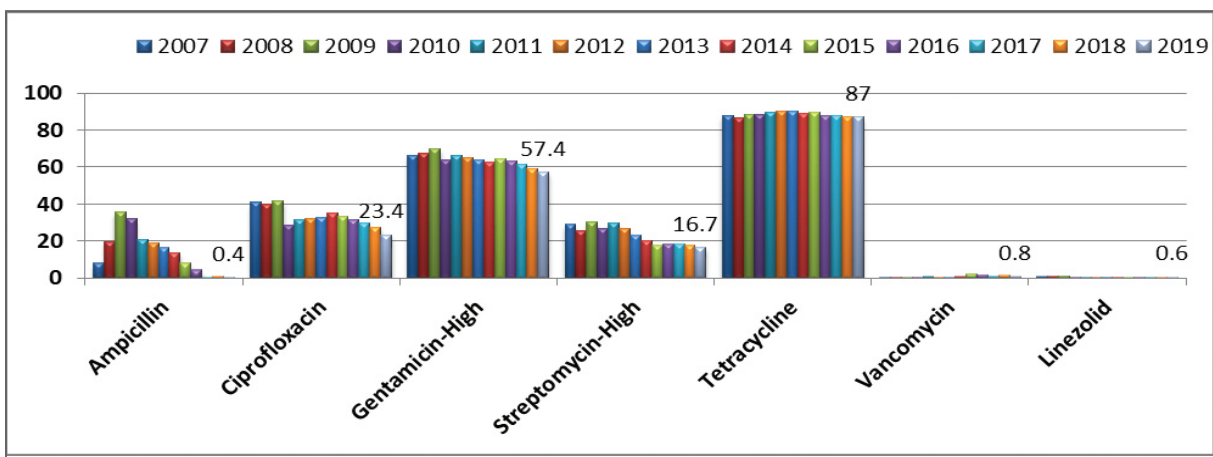


Figure 2-2 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from hospitals

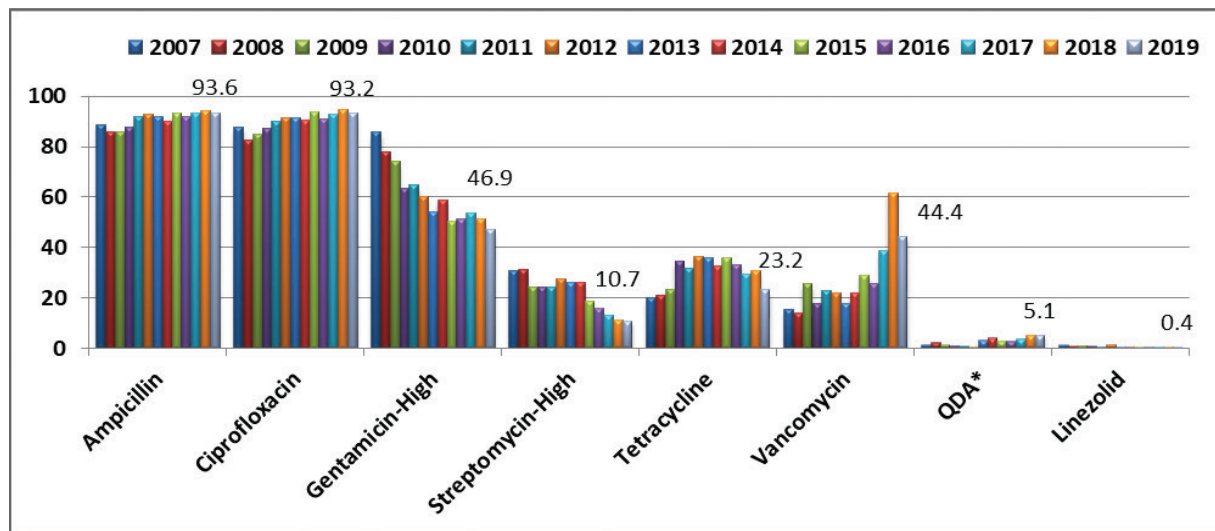
Enterococcus faecium

Ampicillin, ciprofloxacin 내성률은 2011년 이후 90.0% 이상으로 높게 나타나고 있다. 고농도 gentamicin 내성률은 2007년 이후 감소하여 2019년 46.9%를 나타냈고, 고농도 streptomycin 내성률은 전년보다 감소하여 10.7%를 나타냈다. Tetracycline 내성률은 2019년 23.2%였으며 vancomycin 내성률은 44.4%로 작년 61.7%보다 대폭 감소되었다. QDA와 linezolid 내성률은 각각 5.1%, 0.4%로 나타냈다(Table 2-3, Figure 2-3).

Table 2-3 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	88.9	840	86	1074	85.7	1241	87.8	1058	91.9	1950	93	2704	92	2111	90	2671	93.5	3830	91.8	3374	93.6	4896	94.5	9075	93.6	5267
Ciprofloxacin	87.7	840	82.4	1074	85.1	1241	87.1	1591	90	1946	91.7	2637	91.4	2036	90.7	2597	93.7	3769	90.9	3330	92.8	4083	94.7	7191	93.2	4752
Gentamicin-High	85.7	824	78.1	1067	74.1	1232	63.5	1568	64.8	1920	60.4	2664	54	2101	58.8	2658	50.5	3505	51.3	2938	53.7	4549	51.2	8658	46.9	4636
Streptomycin-High	30.6	819	31	1060	24.3	1221	24.2	1564	24.3	1914	27.5	2656	26.2	2092	26.1	2647	18.6	3817	15.6	3243	13.2	4874	11.1	9034	10.7	5246
Tetracycline	20	840	21.1	1074	23.3	1240	34.4	1591	31.6	1920	36.6	2637	36.1	2037	32.5	2599	35.8	3770	33.3	3194	29.4	4081	30.8	7192	23.2	4752
Vancomycin	15.5	840	13.9	1074	25.6	1242	17.7	1591	22.8	1951	22	2704	17.7	2110	22.1	2670	29	3833	25.8	3277	38.6	4896	61.7	9075	44.4	5266
QDA*	1.2	831	2.2	1069	1.3	1238	1	1572	0.7	1920	0.4	2671	3.2	2206	4	2552	2.9	3722	2.8	2898	3.6	4875	5.2	9075	5.1	5265
Linezolid	1.1	832	0.8	1069	1	1239	0.7	1572	0.6	1924	1.4	2603	0.3	2109	0.1	2668	0.1	3831	0.2	3278	0.2	4896	0.1	9075	0.4	5267

* Quinupristin dalfopristin

**Figure 2-3 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from hospitals**

2.1.3 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

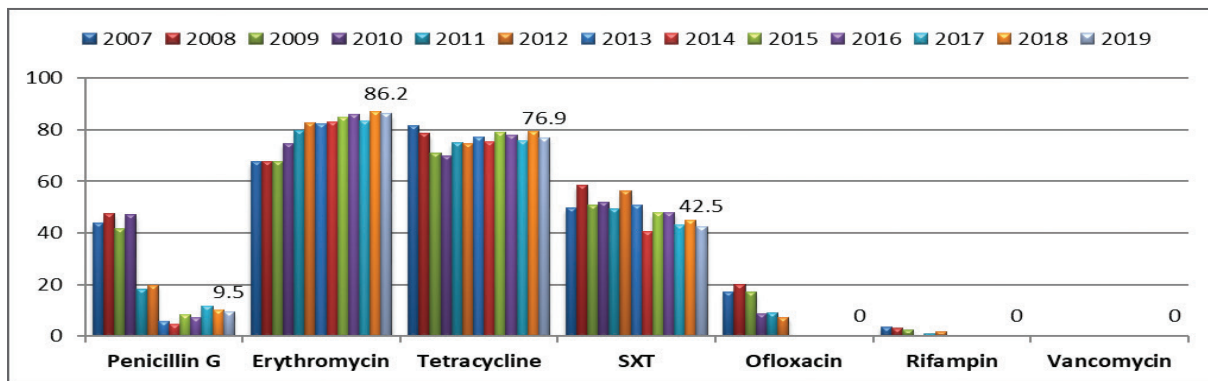
폐렴사슬알균은 세균성 폐렴의 가장 흔한 원인균으로 지역사회획득 폐렴, 균혈증, 뇌수막염, 중이염, 부비강염 등을 일으키는 주요 병원균이다. 2019년 주요 분리원은 호흡기(88%), 농양(3%), 혈액(3%) 검체순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 2012년 19.8%에 비해 2019년 9.5%로 감소하였다. Erythromycin 내성률은 2019년 86.2%로 계속 높은 내성률을 보였고, tetracycline, SXT 내성률은 각각 76.9%, 42.5%로 나타났다(Table 2-4, Figure 2-4).

Table 2-4 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	43.9	374	47.5	503	41.6	454	47	300	18.2	209	19.8	358	5.8	308	4.7	495	8.5	247	7.3	329	11.8	364	10.1	347	9.5	338
Erythromycin	67.6	374	67.7	501	67.8	429	74.7	368	79.8	516	82.6	497	82.5	583	83	500	84.9	510	86	413	83.6	529	87.1	496	86.2	507
Tetracycline	81.6	375	78.6	504	71	452	69.8	391	75.1	538	74.8	496	77.2	587	75.2	501	79.1	511	78.1	421	75.8	538	79.5	497	76.9	503
SXT*	49.6	377	58.5	504	50.7	454	51.8	394	49.3	540	56.3	204	50.8	587	40.6	501	47.9	511	48	425	43.3	538	44.8	498	42.5	506
Ofloxacin	17.2	367	19.9	463	17	429	8.8	387	9.1	497	7.4	207	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	3.6	365	3.2	466	2.5	433	0.3	390	1.1	540	1.9	498	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Vancomycin	0	374	0	502	0	449	0	394	0	538	0	358	0	587	0	501	0	511	0	420	0	538	0	498	0	506

* Trimethoprim sulfamethoxazole

† Not tested.



* Not tested.

Figure 2-4 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from hospitals

2.1.4. 대장균(*Escherichia coli*)

대장균은 지역사회 또는 원내 요로감염에서 가장 흔하게 분리되는 그람음성균으로서 2000년대부터 의료환경내에서 extended-spectrum β -lactamase (ESBL) 생성균의 발생 및 확산이 문제가 되고 있다. 2019년 주요 분리원은 소변(82.5%), 혈액(5.1%), 호흡기(3.2%) 검체순으로 확인되었다. Cefoxitin 내성률은 9.7%로 2018년 보다 감소하였고, cefotaxime, ceftazidime, cefepime 내성률은 각각 37.7%, 36.5%, 34.6%로 작년 보다 소폭 감소하였다. Imipenem 내성률은 1%로 확인되었다(Table 2-5, Figure 2-5).

Table 2-5 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	5.5	7440	4.2	9200	3.1	10651	2.4	10227	2.7	10989	1.3	16173	1.1	21593	1	22290	0.8	31178	0.9	24270	0.6	36302	4.1	51008	0.5	48371
Gentamicin	36.9	7439	35.9	9199	34.3	10652	30.6	10228	33.6	10990	33.1	16175	32.2	21594	31.3	22289	32.2	31178	31.2	24460	31.2	36301	31.3	51008	28.8	48370
Fluoroquinolone*	50.8	7439	50.1	9199	49.9	5099	44.8	10224	47.5	10984	50.2	16876	58.4	20656	48.7	22291	51.4	31178	47.7	24572	47.9	36302	56.5	51008	46.2	48369
Ampicillin	74.6	7421	74.4	9184	74.3	10634	72.3	10215	73.4	10985	74.1	16169	73.2	21569	71.2	22284	73.7	31171	71.6	24285	71.8	36297	74.5	51005	70.7	48369
Cefotaxime [†]	27.6	7437	28.7	9200	28.6	10640	26	10227	31.4	10984	34.2	16174	35.2	21578	35	15582	40	30844	38.5	24167	36.7	36300	41.8	51005	37.7	48370
	22.7	7432	23.3	9196	23.4	10640	26.3	10223	32.1	10984	34.5	16174	35.4	21700	33.2	22288	37.6	31217	36.8	24351	37	36301	41	51005	36.3	48369
Ceftazidime [†]	27.9	7436	28.7	9195	28.9	10638	26.2	10228	31.6	10989	34	16174	35	21585	33.4	22291	37.7	31177	36.7	24342	36.3	36301	40.6	51008	36.5	48371
	11.7	7435	9.5	9193	8	10638	14.4	10224	18.8	10989	17.9	16174	17.8	21698	25.8	22291	18.4	31216	17.6	24342	17.3	36301	21.2	51008	16.7	48370
Cefoxitin	14.8	7423	12.5	9188	9.7	8579	9.8	9949	10.5	10682	11.6	15657	10.1	18697	10	22284	10	31173	9.6	24159	9.4	27617	12.3	51004	9.7	48369
Aztreonam [‡]	27.3	4581	28.2	9196	25.7	8589	25.7	10226	31.1	10984	33.5	16169	32.5	15917	34.7	16047	34.3	22469	23.1	16745	34	27620	36.8	39192	34.5	39360
	16.5	4580	16.2	9195	14.6	10638	17.6	10221	22.6	10982	22.8	16169	14.2	16029	21	16135	22.7	22509	22.9	16713	23.1	27610	25.6	39191	22.4	39358
Cefepime [†]	27.3	7434	28.1	9195	28.2	10637	25.6	10224	30.7	10990	32.9	16174	34.1	21582	32.8	22289	37.7	31179	36.1	24351	37.9	36302	41.8	51005	34.6	48371
	11.9	7433	12.3	9194	10.8	10637	9.3	10224	12	10989	11.3	16174	12	21698	21.5	22289	13.6	31219	10.9	24339	11	36301	13.3	51009	9.8	48371
Imipenem [†]	0	7440	0.1	9200	0	10638	0	9965	0.1	10990	0.2	16173	0.1	21593	0.1	22287	0.2	31177	0.9	24453	0.5	36295	2.86	51008	1	48369
	0	7435	0.1	9196	0	10625	0.2	9960	0.1	10958	0	16173	0	21704	0	22284	0.1	31215	0.9	24453	0.5	36292	2.8	51008	1	48364
SXT [‡]	40.4	7437	41	9199	40.2	10650	37.6	10225	38.2	10978	38.9	16165	38.9	21558	37.5	22284	39.3	31161	38.6	24577	38.1	36290	40.1	51004	39	48365

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

[‡] Trimethoprim sulfamethoxazole

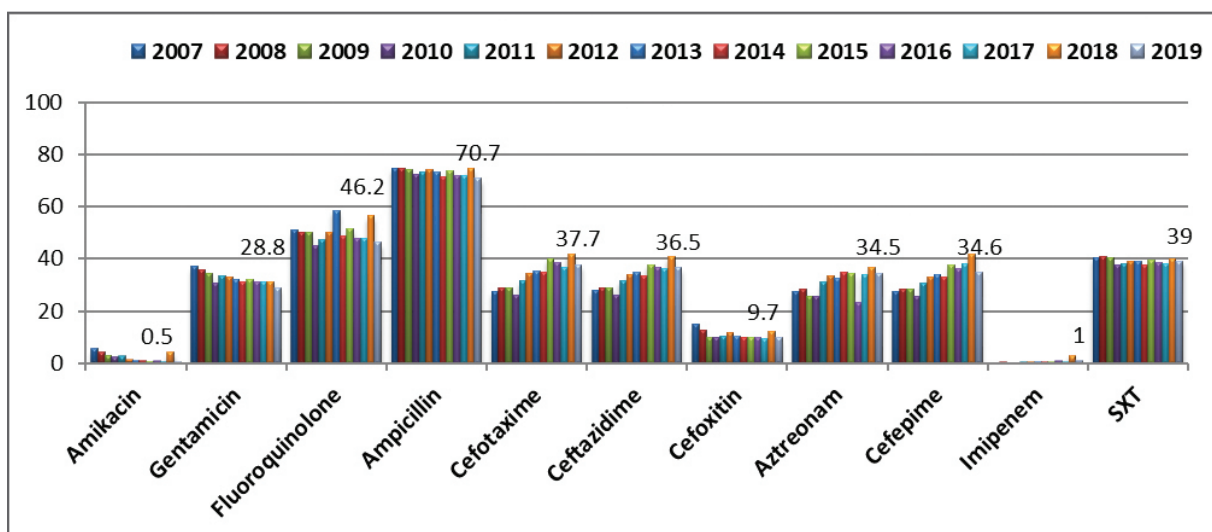


Figure 2-5 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from hospitals

2.1.5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

폐렴막대균은 면역력이 저하된 환자들에 잘 감염되고 호흡기 혹은 요로감염을 유발하며 그람음성균에 의한 폐렴, 요로감염의 주요 원인균이다. 2019년 주요 분리원은 호흡기(46.6%), 소변(35.8%), 대변(3.4%) 검체순으로 확인되었다. Cefoxitin의 내성률은 2007년 39.6%를 나타낸 이후 감소하여 2019년에는 17%로 작년보다 8.1%감소했다. cefotaxime과 ceftazidime의 내성률은 38.9%, 38.8%로 2018년 보다 각각 13.7%, 13.9% 감소하였다. 2018년에 17.2%이었던 imipenem 내성률은 2019년 8.2%로 감소했다(Table 2-6, Figure 2-6).

Table 2-6 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	33.5	4264	28	5104	24.5	6069	19	4451	20.1	5992	19.9	7803	11.9	10433	13.3	9458	10.7	13730	7.6	9389	6.8	13155	7	17106	3.6	15568
Gentamicin	33.8	4262	28.8	5103	26.1	6070	23.3	4451	27.7	5993	30.2	7803	25.4	10433	28.7	9457	25.6	13729	24	9526	20.3	13154	26.7	17105	19.7	15567
Fluoroquinolone*	45.9	4264	43.4	5103	41.2	2882	32.1	4449	34	5990	39.3	8244	39.9	9910	42.1	9458	40.8	13729	37.9	9582	36.4	13156	47.9	17106	33.4	15567
SXT†	28.4	4261	27	5102	25.4	6069	23	4449	28.3	5989	28.6	7803	26.8	10405	26.5	9455	27.6	13729	28.1	9593	24.9	13152	34.6	17106	26.8	15566
Cefotaxime‡	49.6	4259	43.6	5102	42.1	6063	38.9	4451	45.5	5991	49.6	7803	46.9	10424	48.5	6915	48.8	13595	44.5	9228	41.2	13155	52.6	17106	38.9	15568
	19.7	4253	19.2	5100	19.8	6062	41	4447	47	5990	49.1	7803	45.9	10573	44.4	9457	46	13732	43.1	9441	40.8	13154	51.4	17106	38.4	15566
Ceftazidime‡	52.5	4259	47.3	5101	46	6063	42.2	4451	47.9	5993	50.8	7803	47.4	10426	46.3	9457	47.3	13729	42.9	9430	41.6	13155	52.7	17106	38.8	15568
	43.1	4257	37	5101	36.9	6062	38.5	4447	44.1	5990	45.9	7803	42.2	10575	40.5	9457	42.3	13732	37.5	9430	36.8	13155	47.7	17106	33.6	15566
Cefepime‡	48.4	4258	42	5100	41	6061	38.3	4449	44.2	5993	47.6	7803	43.9	10427	44.4	9456	46	13729	43.1	9442	41.2	13155	51.6	17106	36.5	15565
	7.2	4257	9	5100	9.2	6060	8.7	4447	15.4	5992	18.7	7803	17.8	10575	24.3	9456	24.7	13732	22.8	9431	23.3	13155	31.7	17106	22.9	15565
Cefoxitin	39.6	4244	34.3	5101	32.1	6057	26.4	4271	24.6	5812	26.7	7478	20	8291	18.5	9454	19	13725	17.2	9227	13.8	10022	25.1	17106	17	15564
Aztreonam‡	48	2469	46.2	5100	45.1	6064	41.6	4450	46.9	5991	49.7	7802	43.2	7315	46	6248	43.6	9821	38.4	6671	33.9	10027	42.8	11804	34	12618
	41.2	2469	37.9	5100	38.1	6063	38.7	4446	44.3	5990	46.5	7802	35.4	7463	38.2	6298	39.6	9824	36	6644	33.9	10025	40.3	11804	31.1	12616
Imipenem‡	0	4262	0.1	5103	0	6064	0.2	4280	0.3	5993	0.5	7803	0.3	10432	0.4	9457	2.1	13729	3.6	9485	4	13153	17.7	17106	8.2	15566
	0	4256	0	5101	0	6062	0.6	4276	0.5	5987	0.3	7803	0.2	10550	0.3	9449	1.4	13732	3.3	9485	3.8	13152	17.5	17106	7.9	15557

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin.

† Trimethoprim sulfamethoxazole

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

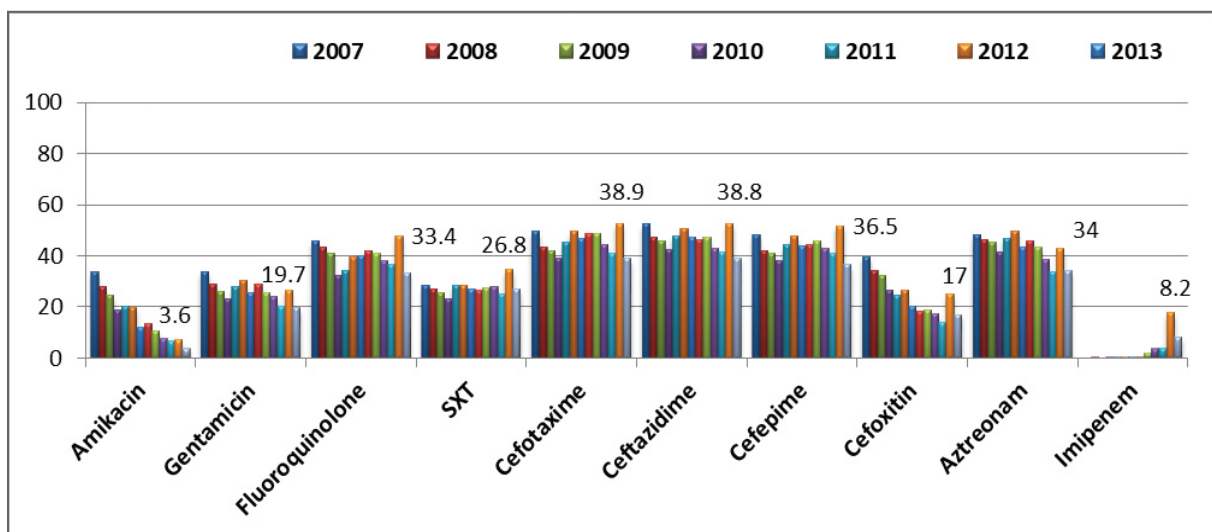


Figure 2-6 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from hospitals

2.1.6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

엔테로박터균은 면역력이 저하된 환자들에 잘 감염되고 중환자실 장기입원환자 등에서 감염을 일으켜 이환률과 사망률을 높인다. 또한 지역사회 감염의 원인균으로 요로감염, 피부감염 등을 유발한다. 2019년 주요 분리원은 호흡기(35.5%), 소변(25%), 상처(13.1%) 검체순으로 확인되었다. 2010년 이후 점차 증가하던 cefotaxime의 내성률은 2017년에 14.7%로 감소하다가 다시 2019년 21.3%로 증가 추세를 보이고 있다. 이외 flouroquinolone, STX, ceftazidime, aztreonam 내성률은 각각 9.9%, 11.4%, 17.2%, 16.7%로 2018년 보다 각각 5%, 4.1%, 8.3%, 7.6% 감소했다. 2010년 이후 점차 증가하는 imipenem 내성률은 1.2%로 작년보다 소폭 감소하였다. Amikacin, gentamicin, cefepime 내성률은 각각 0.9%, 5.4%, 6.8%로 나타냈다.(Table 2-7, Figure 2-7).

Table 2-7 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	5.7	1519	3.6	1823	3.4	2050	2.1	2064	1.4	1999	1	2596	1.4	2065	3.1	2629	2.2	3238	0.9	3360
Gentamicin	11.5	1519	9.1	1823	8.9	2049	10.7	2064	7.5	1999	7.8	2596	8.7	2093	9.1	2630	12.7	3238	5.4	3361
Fluoroquinolone*	9.6	1519	9.9	1822	9.1	2122	8.1	1996	12	1999	9.7	2596	13.0	2153	9.1	2130	14.9	3238	9.9	3360
SXT†	22.9	1519	23.3	1823	18.2	2050	18.3	2060	17.6	1999	14	2596	16.2	2154	11.7	2630	15.5	3238	11.4	3361
Cefotaxime‡	18	1519	18.1	1822	20.4	2050	24.8	2064	27.6	1223	24.1	2574	65.5	2047	14.7	2629	29.6	3238	21.3	3360
	28.4	1519	28.8	1822	26.7	2050	27.7	2076	28.8	1999	25.8	2601	26.0	2075	24.0	2630	30.2	3237	21.3	3360
Ceftazidime‡	15.3	1519	16.7	1823	15.5	2050	19.5	2064	21.8	1999	20	2596	20.1	2074	19.3	2629	25.0	3239	17.2	3361
	20.8	1519	21.9	1823	18.5	2050	21.4	2076	21.9	1999	20.7	2601	19.5	2074	19.1	2629	25.2	3238	17.0	3361
Cefepime	5	1519	5.1	1823	3.7	2050	6.6	2064	8.4	1999	8.1	2596	6.2	2074	7.1	2630	10.0	3238	6.8	3361
Aztreonam‡	14.7	1519	17.8	1822	17	2051	20.9	1657	21.1	1466	19.4	2001	21.7	1550	19.4	2133	24.3	2746	16.7	2958
	21.3	1519	22.6	1822	20	2051	18.7	1667	20.6	1474	20.5	2006	20.8	1549	19.0	2130	23.8	2745	16.0	2958
Imipenem‡	0	858	0.2	1823	0.4	2050	0.3	2064	0.6	1999	1.2	2596	1.9	2134	1.9	2630	3.3	3239	1.2	3361
	0.3	858	0	1823	0.3	2050	0.4	2067	0.3	1995	0.3	2601	1.9	2134	1.6	2630	2.7	3238	1.2	3361

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† Trimethoprim sulfamethoxazole

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

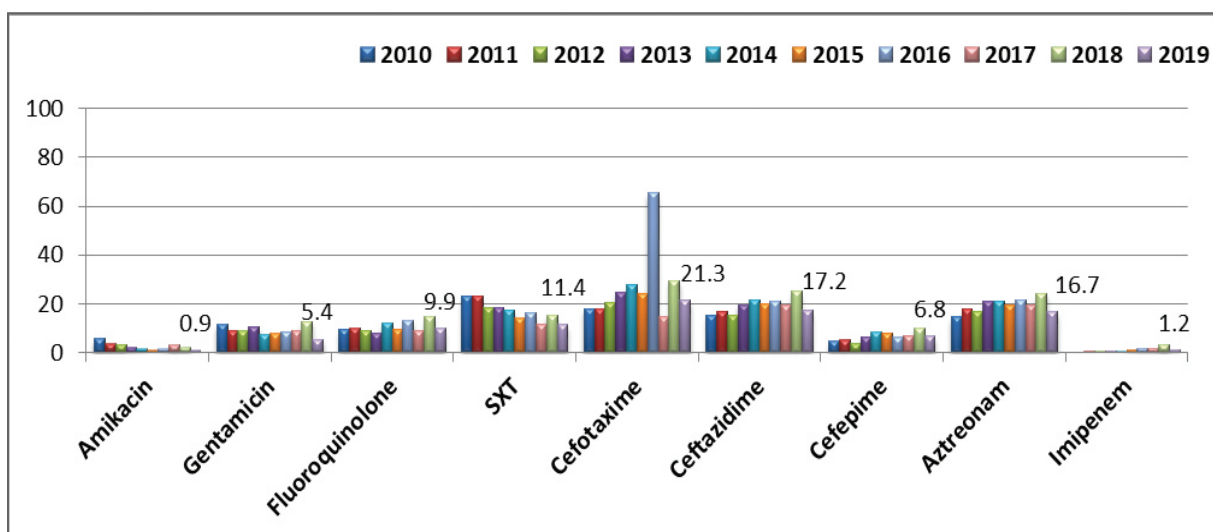


Figure 2-7 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from hospitals

2.1.7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

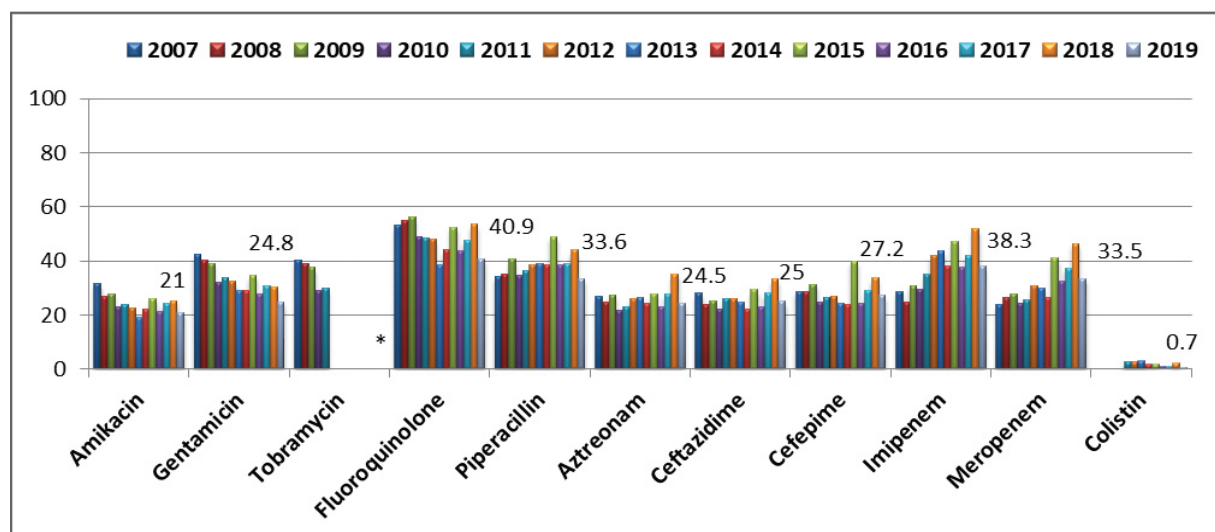
녹농균은 비발효성 그람음성균으로서 자연계에 널리 존재한다. 특히 면역력이 저하된 환자에서 여러 감염증을 잘 일으키는 기회감염균이며 의료관련감염의 주요 원인균이다. 2019년 주요 분리원은 호흡기(50.1%), 소변(28.6%), 상처(12%) 검체순으로 확인되었다. 항균제의 내성률이 2018년에 비해 전체적으로 감소했다. Fluoroquinolone 내성률은 40.9%로 나타났고, ceftazidime과 cefepime 내성률은 각각 25%, 27.2%로 감소했다. Carbapenem계 항균제는 2010년 이후 꾸준히 증가하고 있었으나 2019년 imipenem, meropenem에 대한 내성률이 각각 38.3%, 33.5%로 작년보다 감소했다. Colistin 내성률은 0.7%로 2018년보다 1.5% 감소하였다(Table 2-8, Figure 2-8).

Table 2-8 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	31.5	6366	26.9	8558	28	9576	23.2	7240	24	8432	22.5	10505	19.3	9225	22	8115	26.2	13146	21.1	8070	24.2	6961	25.2	11710	21.0	6848
Gentamicin	42.4	6366	40.4	8553	39.1	9573	32.2	7233	33.7	8427	32.5	10497	29.1	9225	28.9	8116	34.5	13149	27.9	8227	30.6	6957	30.4	11709	24.8	6845
Tobramycin	40.4	6356	39.2	8558	37.6	9584	29.1	7243	29.9	8438	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	
Fluoroquinolone*	53.2	6372	55.2	8561	56.2	9567	48.9	7226	48.7	8434	48.1	5002	38.8	9162	44.2	8118	52.6	13143	43.6	8259	47.5	6950	53.5	11712	40.9	6843
Piperacillin	34.3	6355	35.2	8539	40.7	9566	34.5	7232	36.6	8430	38.5	10473	39.2	8476	38.7	6070	49	9692	38.6	5891	39.0	6962	44.1	11699	33.6	6843
Aztreonam	26.8	6318	24.8	8522	27.5	9521	21.8	7210	23.1	8370	25.9	10457	26.7	9106	24.2	8055	28	13097	23.2	8052	27.6	6934	35.3	11665	24.5	6816
Ceftazidime	28.2	6366	23.9	8556	25.1	9578	22	7238	26.1	8436	26.2	10507	24.9	9229	22	8117	29.5	13149	23	8095	28.1	6961	33.2	11707	25.0	6848
Cefepime	28.7	6341	28.8	8542	31.3	9564	24.7	7240	26.5	8439	26.9	10512	24.5	9233	23.9	6076	39.9	9692	24.4	8098	29.3	6963	33.8	11712	27.2	6850
Imipenem	28.8	6368	24.8	8563	30.9	9589	29.5	7241	35.2	8439	41.9	10501	43.7	9218	38	8090	47.3	13134	37.9	8116	42.2	6945	51.8	11680	38.3	6833
Meropenem	23.8	6354	26.7	8545	27.9	9572	24.3	7227	25.7	8432	30.7	10479	30.1	9076	26.6	7632	41	13114	32.6	7943	37.5	6949	46.5	11682	33.5	6833
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	2.9	6231	2.9	7961	3	8030	1.8	8086	1.8	13124	0.9	7931	1.0	5953	2.2	7505	0.7	4937

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



* Not tested.

Figure 2-8 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from hospitals

2.1.8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

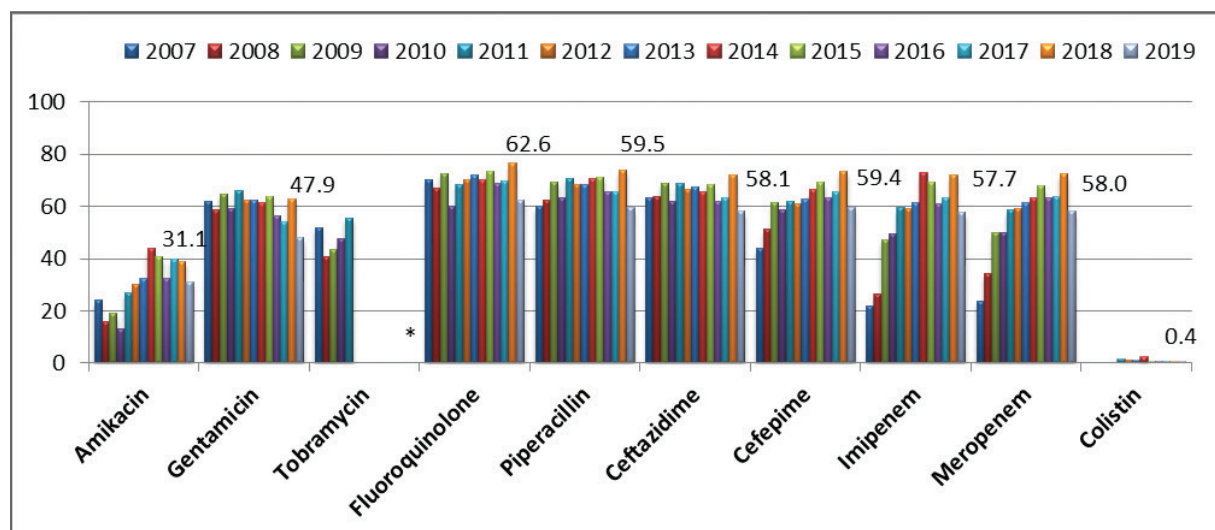
아시네토박터균은 폐렴, 요로감염, 균혈증, 창상감염 등의 다양한 감염증을 유발하며 의료관련감염의 주요 원인균이다. 2019년 주요 분리원은 호흡기(63.5%), 상처(13.3%), 소변(11%), 검체순으로 확인되었다. Ceftazidime 내성률은 2019년에 58.1%로 2018년 보다 14% 감소하였다. 2007년에 21.6-23.5%였던 carbapenem계 항균제 내성률은 해마다 증가하는 추세였으나 2019년 imipenem 내성률은 57.7%, meropenem 내성률은 58%로 대폭 감소하였다. 2007년 70.3%였던 fluoroquinolone 내성률은 2010년부터 다시 증가하는 추세였으나 2019년 62.6%로 작년보다 13.9% 감소했다.(Table 2-9, Figure 2-9).

Table 2-9 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	24	1957	15.7	2434	18.9	3626	13.2	2142	27.1	2864	29.9	3620	32.4	3387	43.8	3620	40.7	3866	32.5	2333	39.7	2006	39	2727	31.1	1799
Gentamicin	61.8	1956	58.9	2521	64.7	3628	59.3	3218	66.1	4575	62.3	5823	62.3	5311	61.6	5506	63.6	8014	56.2	5179	53.9	6382	63	10454	47.9	6273
Tobramycin	51.9	1870	40.8	2519	43.3	3627	47.4	3217	55.6	4577	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Fluoroquinolone*	70.3	1957	66.8	2521	72.7	3452	60.2	3215	68.5	4573	70.1	2151	72.2	5312	70.4	5505	73.6	8012	68.9	5225	69.9	6375	76.5	10451	62.6	6272
Piperacillin	60	1956	62.2	2521	69.3	3627	63.4	3216	70.8	4577	68.2	5801	68.5	5304	70.6	4110	71.2	7379	65.8	4980	65.8	6379	73.9	10454	59.5	6274
Ceftazidime	63.2	1956	63.7	2521	69	3627	61.9	3217	68.6	4576	66.6	5822	67.2	5311	65.7	5506	68.4	8014	62	5161	63.5	6382	72.1	10454	58.1	6273
Cefepime	43.9	1948	51.4	2515	61.6	3626	58.8	3216	61.7	4577	60.9	5824	62.7	5312	66.3	4121	69.1	7915	63.3	5161	65.7	6382	73.5	10454	59.4	6274
Imipenem	21.6	1957	26.5	2521	47.3	3628	49.4	3218	59.4	4575	59.3	5822	61.4	5310	72.9	4794	69.3	7728	61.1	5200	63.4	6381	72	10453	57.7	6274
Meropenem	23.5	1875	34.1	2521	49.8	3626	49.9	3217	58.6	4552	59	5805	61.3	5303	63.3	5351	67.8	7999	63.2	4994	63.8	6380	72.3	10453	58.0	6270
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	1.5	3359	1.3	5213	0.9	5290	2.6	5474	0.4	7463	0.5	4962	0.4	5693	0.2	8325	0.4	5199

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



* Not tested

Figure 2-9 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from hospitals

2.2. 국내 항균제 내성정보 조사결과: 요양병원

2.2.1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

2019년 요양병원의 내성률 조사에서 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)의 주요 분리원은 호흡기(52.6%), 상처(12.7%), 혈액(11.3%) 검체순으로 확인되었다. MRSA의 비율이 86%로 높게 나타났다. Mupirocin 내성이 2014년부터 증가추세로 2019년에는 26.1%로 나타났다. Erythromycin, gentamicin, clindamycin, tetracycline 내성률은 각각 61.7%, 42.7%, 51.8%, 24.7%로 나타났다. 특히, fluoroquinolone 계열의 ciprofloxacin의 내성률은 80.3%로 높게 나타났다(Table 2-10, Figure 2-10).

Table 2-10 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin [*]	79.1	498	78.5	755	81.3	1043	80.9	1976	80.5	1212	80.6	1753	77.4	1466	79	1422	80.3	2214	77.9	1540	80.1	1619	78.3	1344	86	1994
Penicillin G	99.8	530	98.7	754	98.1	1050	98.4	1529	97.5	1295	97.9	1740	96.7	1292	97.1	1086	97.1	1580	95.9	1556	96.9	1426	97.7	1708	97.1	1470
Erythromycin	66.5	501	68.8	725	73.7	1020	68.6	1909	70.5	1918	69.2	1684	63.1	1413	65.1	1368	63.5	2156	56.1	1514	56.5	1759	58.1	1794	61.7	1939
Clindamycin [†]	61.1	501	61.5	725	69	1012	66.6	1919	68.4	1969	65.9	1692	58.6	1415	56.1	1372	55.3	2131	51.9	1515	49.3	1759	52.7	1794	51.8	1939
	50.7	501	62.3	756	62.5	1011	49.8	1918	66.4	2011	48	1692	40	1436	38.7	1368	38	2156	35.6	1515	31.8	1759	28.4	1794	28.6	1939
Gentamicin	57.4	530	59.5	755	66	1050	62.8	1972	62	2010	59.3	1753	56.5	1466	55.9	1422	49.4	2213	47.5	1581	45.5	1804	41.5	1821	42.7	1990
Ciprofloxacin	57.2	530	62.2	756	69.4	1049	64.7	1960	66.4	2011	68.1	1754	65.8	1465	70.3	1422	71	2213	70.6	1596	75.4	1804	78.2	1820	80.3	1993
Tetracycline	51.1	530	57.8	756	66.6	1049	59.8	1975	58.7	1953	57.1	1740	49.4	1466	47.9	1422	42.2	2214	37.2	1556	31.4	1804	29.3	1822	24.7	1992
Rifampin	3.1	424	1.9	754	3.5	1048	4.1	1975	4.1	1952	4.5	1738	5.6	1466	4.9	1422	6.3	2214	4.2	1540	4.3	1804	4.5	1822	3.2	1994
SXT [‡]	12.3	530	9.8	756	9.8	1050	4.9	1977	3.4	2015	3.6	1754	2.5	1465	2.3	1422	2.4	2213	4.8	1599	5.2	1804	5.2	1821	6.2	1994
Vancomycin [§]	0	530	0	756	0	1049	0	1976	0	2015	0	1754	0	1466	0	1422	0	2214	0.4	1557	0	1804	0	1822	0	1994
Linezolid	0	530	0.1	755	0	1045	0	1959	0.3	2003	0.1	1740	0.1	1465	0	1422	0	2214	0	1557	0	1804	0.1	1822	0.4	1994
QDA [§]	0.2	424	0.4	756	0.2	1049	0.1	1959	0.3	1999	0.1	1738	0.1	1485	0	1422	0.1	2214	0.5	1554	0.1	1804	0.2	1822	0.2	1994
Mupirocin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	8.7	843	9.5	1055	11.6	1022	15.3	1421	15.6	2213	18.1	1529	20.8	1759	23.1	1708	26.1	1470

^{*} Including cefoxitin.

[†] The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations(upper) and MIC values (lower).

[‡] Trimethoprim sulfamethoxazole.

[§] VISA ; 2007(0.2%), 2008(0.3%), 2009(0.2%), 2010(0.1%), 2011 (0.0%), 2012(0.0%), 2013(0.1%), 2014(0.0%),2015(0.0%), 2016(0.1%), 2017(0.0%), 2018(0.0%), 2019(0.0%).

[§] Quinupristin dalfopristin.

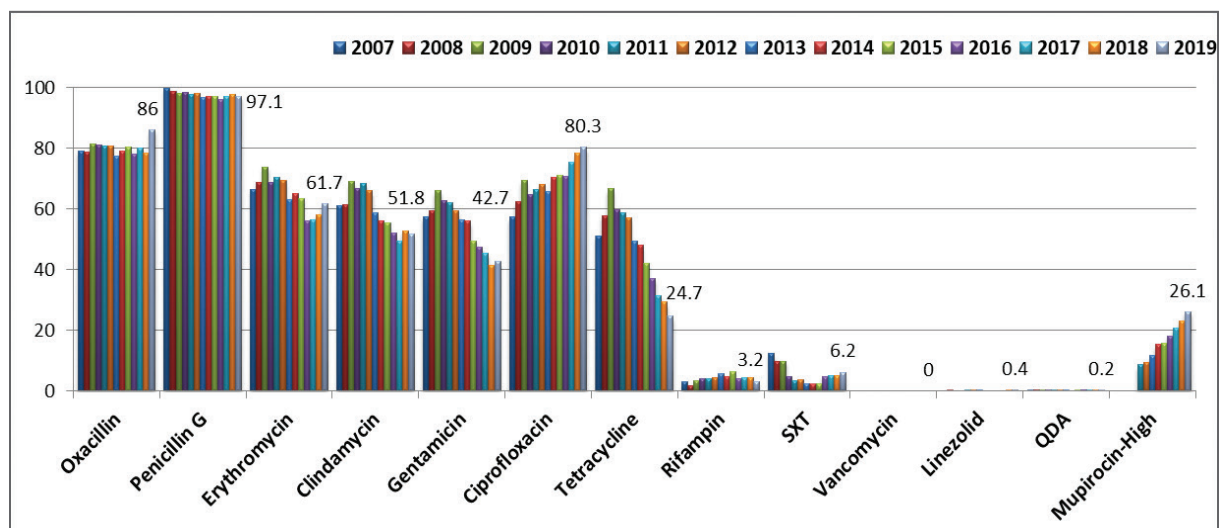


Figure 2-10 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from geriatric care hospitals

2.2.2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

2019년 요양병원의 내성률 조사에서 장알균(*E. faecium*, *E. faecalis*) 주요 분리원은 소변(45.0%), 대변(44.3%), 혈액(4.2%) 검체순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

Ampicillin 내성률은 2011년부터 감소하여 2019년에는 1.3%로 나타났다. Ciprofloxacin 내성률은 2007년 이후 증가하는 추세로 2019년에는 76.4%를 나타냈다. 고농도 gentamicin 내성률은 73.2%로 전년도보다 증가하였다. Vancomycin 내성률은 2019년에 10.9%로 작년보다 감소하였고 중소병원, 의원보다 높은 내성률을 나타냈다(Table 2-11, Figure 2-11).

Table 2-11 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin*	10.8	250	25.6	336	43.1	576	54	672	35.5	679	36.3	772	31	563	26.3	611	17.8	935	3.7	752	0.7	721	1.2	917	1.3	1048
	1.6	248	1.2	334	0.9	576	1	670	0.6	679	0.6	772	0.8	613	1.9	611	0.7	935	3.5	752	0.7	721	1.1	912	0.9	1043
Ciprofloxacin	58.4	250	62.2	336	61.4	577	69.9	793	70.9	673	74.7	746	78.1	554	77.6	570	79.6	891	71.5	736	76.7	644	71.8	734	76.4	901
Gentamicin-High	76.6	244	76.3	333	73.5	574	78.4	782	78	673	73.9	765	72.3	561	72.6	571	72.4	811	75	628	80	629	62.2	833	73.2	869
Streptomycin-High	24.6	240	29.2	332	29.7	572	35.2	776	33.5	669	38.7	763	30.1	557	22.2	609	22	931	21.1	730	21.5	717	15	912	21.2	1032
Tetracycline	89.6	250	92.2	335	89.1	577	92.6	793	93.4	651	93.8	747	94.7	554	92.9	607	92.8	891	91.8	718	92.5	644	90.9	734	91.6	901
Vancomycin	1.2	250	0.9	336	1.2	577	1.5	792	2.8	679	0.9	772	2.8	563	1.9	611	9.9	935	6.6	740	9	720	20.1	911	10.9	1048
Linezolid	0.4	247	1.5	334	1	577	1.1	787	1.3	677	0.7	768	1	563	0.5	611	0	935	0.7	740	0.4	721	0.2	912	0.4	1048

* The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

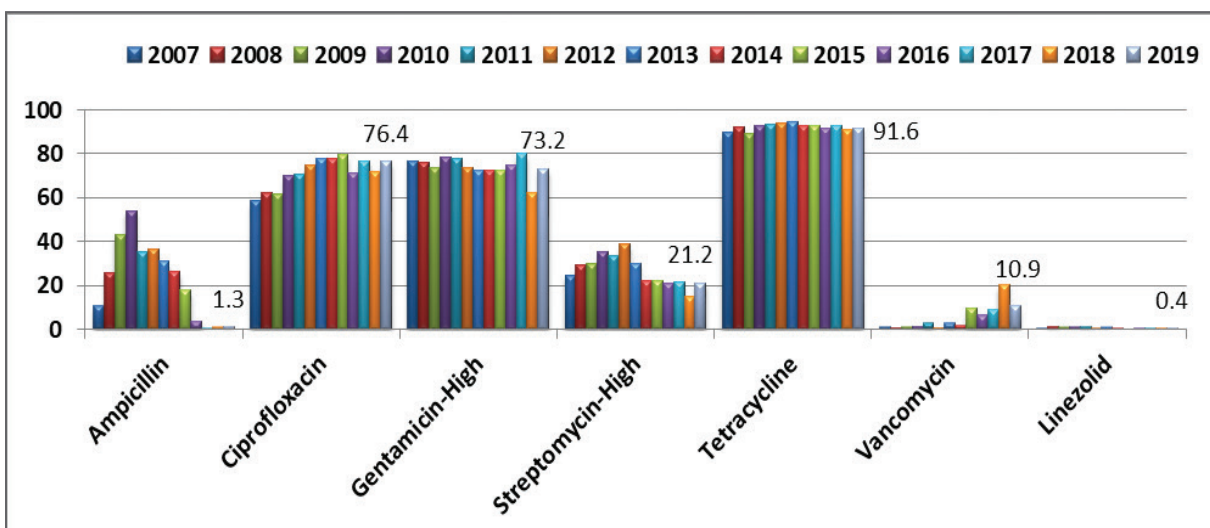


Figure 2-11 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from geriatric care hospitals

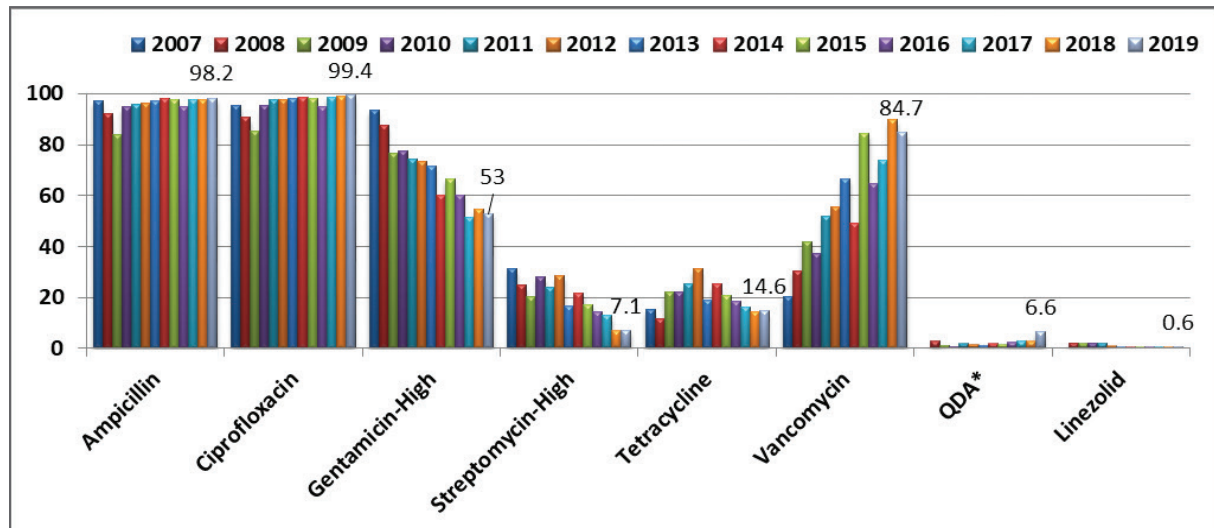
Enterococcus faecium

Ampicillin과 ciprofloxacin의 내성률은 2010년 이후 90% 이상으로 매우 높게 나타나고 있으며, 고농도 gentamicin 내성률은 2007년 93.6%였으나 2019년에는 53%로 감소추세로 나타났다. 고농도 streptomycin과 tetracycline 내성률은 각각 7.1%와 14.6%로 나타났다. Vancomycin 내성률은 2007년 20.5% 이후로 점차 증가하여 2019년에는 84.7%로 나타났다. QDA와 linezolid 내성률은 각각 6.6%와 0.6%로 나타났다(Table 2-12, Figure 2-12).

Table 2-12 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	97.3	112	92	138	83.9	422	94.8	482	95.6	451	96.2	554	97.2	563	98	435	97.4	1770	94.8	811	97.6	1145	97.8	2787	98.2	2524
Ciprofloxacin	95.5	112	90.6	138	85.1	422	95.2	558	97.8	451	97.8	541	98.1	556	98.5	412	98.2	1738	95.1	811	98.6	795	99	2105	99.4	1804
Gentamicin-High	93.6	110	87.7	138	76.6	419	77.5	551	74.4	449	73.2	548	71.6	563	60.2	433	66.6	1670	60.2	688	51.4	1055	54.5	2705	53	2046
Streptomycin-High	31.2	109	24.8	137	20.1	417	27.9	549	23.9	447	28.3	547	16.6	561	21.7	431	17.2	1762	14.2	779	12.9	1138	6.9	2774	7.1	2502
Tetracycline	15.2	112	11.6	138	22	422	22	559	25.2	449	31.2	541	19	556	25.1	413	20.9	1738	18.3	774	16.4	795	14.5	2105	14.6	1805
Vancomycin	20.5	112	30.4	138	41.7	422	37.4	559	51.9	451	55.6	554	66.7	563	49.1	435	84.4	1770	64.6	791	73.7	1145	89.7	2787	84.7	2524
QDA*	0	111	2.9	138	1.2	422	0.7	553	1.8	449	1.4	552	1.2	593	1.9	429	1.5	1763	2.4	764	2.9	1143	2.7	2787	6.6	2522
Linezolid	0	111	2.2	138	1.9	422	2.2	553	2	449	0.9	546	0.3	563	0.4	435	0.5	1769	0.5	791	0.4	1145	0.3	2787	0.6	2524

* Quinupristin dalfopristin

**Figure 2-12 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from geriatric care hospitals**

2.2.3. 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

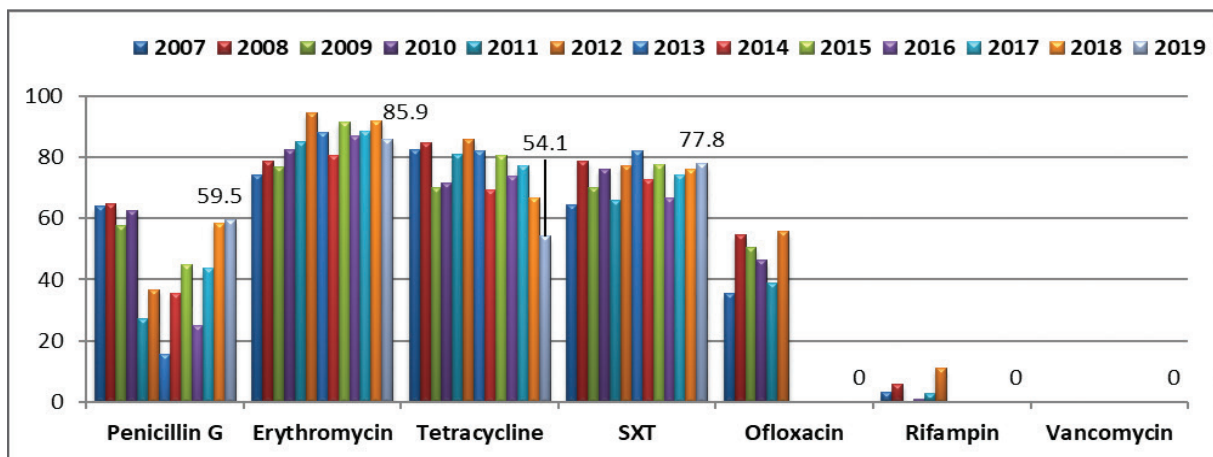
2019년 요양병원 내성률 조사에서 폐렴사슬알균(*S. pneumoniae*)의 주요 분리원은 호흡기 (94.9%), 혈액 (4%) 검체순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 2018년 58.5%에 비해 2019년 59.5%로 소폭 증가하였다. erythromycin, tetracycline, 내성률은 각각 85.9%, 54.1%로 전년도 보다 감소하였고, SXT 내성률은 77.8%로 전년도 보다 소폭 증가하였다(Table 2-13, Figure 2-13).

Table 2-13 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	63.9	61	64.6	99	57.5	87	62.5	96	27.1	59	36.7	60	15.6	45	35.5	79	44.9	69	25	68	43.6	55	58.5	53	59.5	79
Erythromycin	74.2	62	78.6	98	76.9	78	82.4	102	84.9	106	94.5	92	88.2	127	80.7	79	91.5	142	86.9	84	88.6	70	92	75	85.9	99
Tetracycline	82.3	62	84.8	99	70.1	87	71.6	109	80.9	110	85.9	92	81.9	127	69.4	79	80.4	143	73.8	84	77.1	70	66.7	75	54.1	98
SXT [*]	64.5	62	78.8	99	70.1	87	76.1	109	65.8	111	77.2	27	81.9	127	72.8	79	77.6	143	66.7	84	74.3	70	76	75	77.8	99
Ofloxacin	35.5	62	54.7	86	50.6	77	46.2	104	38.7	93	55.6	27	NT [†]	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	3.3	61	5.8	86	0	77	1	104	2.7	111	11.1	92	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Vancomycin	0	60	0	99	0	87	0	109	0	111	0	60	0	127	0	79	0	143	0	84	0	70	0	75	0	99

^{*} Trimethoprim Sulfamethoxazole.

[†] Not tested



* Not tested.

Figure 2-13 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from geriatric care hospitals

2.2.4. 대장균(*Escherichia coli*)

2019년 요양병원 내성률 조사에서 대장균(*E. coli*)의 주요 분리원은 소변(68.9%), 호흡기(12%), 혈액(7.6%) 검체순으로 확인되었다. 대부분 항균제에 대해서 중소병원, 의원에 비해 전체적으로 높은 내성률을 나타냈다. Ceftazidime, cefepime 내성률은 각각 70.7%, 68.8%로 2018년보다 각각 1.6%, 0.2% 증가했고, cefotaxime 내성률은 72.6%로 2018년보다 1.4%로 증가했다. cefoxitin 내성률도 18.7%로 2018년 보다 0.5% 증가했다. imipenem 내성률은 6.2%로 2018년보다 1.8% 증가했다(Table 2-14, Figure 2-14).

Table 2-14 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	8.8	865	5.6	1038	5.6	1435	6	2434	6.1	2442	3.7	3327	3.5	3939	3	3591	2.7	6039	2	4697	2.6	4869	11.4	5924	2.8	5885
Gentamicin	47.4	865	44.3	1038	43.4	1436	43.2	2434	41.8	2442	40.2	3327	42.6	3939	42.3	3591	44.9	6039	43.5	4728	43.7	4869	43	5924	43.4	5885
Fluoroquinolone*	67.9	865	66.8	1038	71.6	617	73.5	2433	76	2441	75	3372	78.2	3652	78.9	3591	81.4	6039	75.3	4764	81.4	4869	85.6	5924	83	5885
Ampicillin	83.1	863	82.4	1037	84	1435	85.5	2432	86.1	2440	85	3326	84.1	3935	83.7	3588	86.7	6038	83.4	4689	86.5	4869	88.8	5923	88.3	5886
Cefotaxime†	44.4	864	46.4	1038	48.3	1433	49.9	2433	53	2442	54.3	3327	55.6	3937	58.7	2589	65.9	5985	61.7	4654	67.4	4868	71.2	5925	72.6	5885
	36.7	863	37.4	1037	39.5	1430	49.8	2433	53.5	2441	54.5	3327	55.8	3937	60.7	3590	64.2	6042	60.6	4711	67.7	4868	70.5	5924	71.9	5882
Ceftazidime†	44.5	865	46.5	1037	48.2	1433	50.2	2433	53	2442	54.1	3328	55.3	3939	59.3	3591	64.2	6039	59.9	4711	66.9	4869	69.1	5925	70.7	5884
	22.5	864	16.8	1036	13.4	1430	33.9	2433	35.8	2441	32.6	3328	16.9	3139	51.3	3591	37.4	6042	35.5	4711	40.9	4869	43.3	5924	44.3	5881
Cefoxitin	23.2	863	16.6	1038	19	2134	19.4	2427	16.5	2430	15.1	3306	15.2	3762	14.3	3588	16.7	6038	14.1	4654	15.1	3480	18.2	5922	18.7	5882
Aztreonam†	46.4	545	46.4	1037	48.9	2133	49.6	2430	52.7	2440	53.7	3324	53.8	2640	55.7	2570	62.2	4021	56.3	3293	65.5	3479	68.6	4310	71	4239
	33.3	544	29.4	1037	27.3	1430	38.4	2429	41.4	2440	40.5	3324	14.2	2640	46.8	2870	45.9	3976	43.1	3293	52.1	3479	55.4	4309	57.6	4236
Cefepime†	43.7	865	46	1037	47.7	1433	49.2	2433	52.5	2442	53.1	3328	54.8	3939	58.9	3590	64.3	6038	60.4	4711	67.7	4869	68.6	5871	68.8	5883
	21.9	864	20.7	1036	18.7	1430	19.1	2433	20.3	2442	21.1	3328	22.3	39.9	45.2	3591	28.8	6041	24.9	4711	29	4869	31.9	5924	31.5	5883
Imipenem†	0	865	0.1	1038	0	1433	0	2428	0.2	2442	0.2	3328	0.1	3937	0.2	3591	0.2	6038	0.9	4745	0.8	4868	4.4	5925	6.2	5886
	0	864	0	1037	0	1430	0.3	2428	0.3	2435	0	3328	0.1	3933	0	3590	0.1	6041	1	4745	0.7	4868	4.4	5924	6.2	5883
SXT†	43.5	865	46.9	1038	47.2	1436	48.6	2432	48.1	2438	47.7	3325	47	3933	44.9	3590	45.8	6037	45.2	4764	45.2	4867	48.4	5920	47.9	5884

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

‡ Trimethoprim sulfamethoxazole

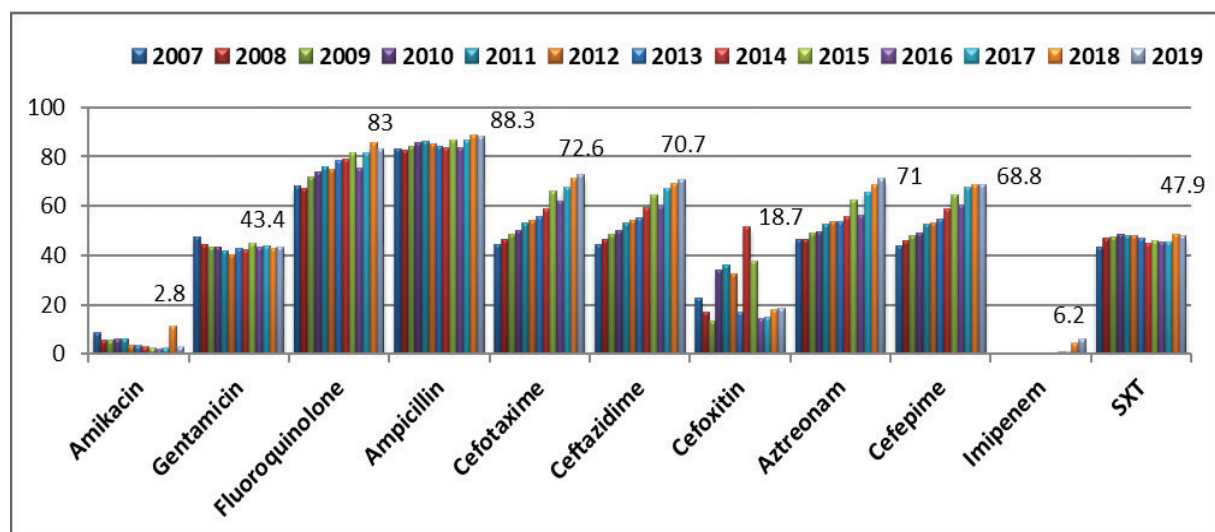


Figure 2-14 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from geriatric care hospitals

2.2.5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

2019년 요양병원 내성률 조사에서 폐렴막대균(*K. pneumoniae*)의 주요 분리원은 호흡기(60.0%), 소변(24.2%), 대변(8.1%) 검체순으로 확인되었다. Cephalosporin계와 aztreonam의 항균제에서 전체적으로 높은 내성률을 보였다. Cefoxitin, ceftazidime, cefepime, cefotaxime 내성률은 각각 34.1%, 71.9%, 67.6%, 71.9%로 작년과 비슷한 수준을 유지했다. Imipenem 내성률은 2018년 13.1% 였다가 2019년에 16.4%로 증가했다(Table 2-15, Figure 2-15).

Table 2-15 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	39.1	903	30.7	939	25.9	1286	33	2386	26.9	2230	21.1	2512	20.1	3296	17.2	2817	15.2	4986	11	3474	9	3676	6.2	3123	4.6	5044
Gentamicin	38.2	902	30.9	939	29.5	1287	32.9	2386	30.6	2230	32.9	2512	35.5	3296	37.4	2817	35.7	4986	30.3	3506	29.8	3676	31.2	3123	33.3	5044
Fluoroquinolone*	51.3	903	45.9	939	52.8	610	50.9	2386	51.6	2230	56.2	2567	58	3022	65	2817	63.6	4986	57.5	3523	62.3	3676	64.3	3123	65.7	5044
SXT†	30.7	903	32.7	939	30.5	1287	35.2	2386	39.2	2227	38.1	2511	40.4	3294	42	2817	40.7	4986	39	3527	40.8	3676	44.5	3123	49	5043
Cefotaxime‡	51.8	903	51.5	939	49.5	1283	57.4	2386	53.9	2229	64.5	2512	70.1	3295	72	1792	74.4	4935	67.2	3439	67.8	3676	69.8	3123	71.9	5044
	20.4	901	23.7	938	24.9	1283	62.7	2386	58.1	2229	65	2512	67.9	3298	69.3	2817	70.2	4986	62.5	3489	66.5	3676	67.8	3123	70.6	5044
Ceftazidime‡	57	902	55.9	938	54.2	1284	64.2	2386	58.9	2230	67.5	2511	71	3294	72.9	2816	73.3	4986	64.6	3484	69.1	3676	70.9	3123	71.9	5044
	47.2	901	41.2	938	41.8	1284	61.8	2386	57.7	2230	62.4	2511	62.9	3297	65.3	2816	66.9	4986	56.5	3484	61.5	3676	62.5	3123	65.5	5044
Cefepime‡	50.7	902	50.1	938	47.9	1283	56.6	2386	52.9	2230	62	2512	63.4	3295	69	2816	70.1	4986	62.8	3489	67.8	3676	68.8	3123	67.6	5044
	8.2	901	11.9	938	11.3	1283	11.5	2386	12.9	2230	18.4	2512	22.4	3298	38.9	2816	36.4	4986	30.9	3484	35.9	3676	39.1	3123	42.4	5044
Cefoxitin	50.5	899	38.5	938	37.7	1282	41.1	2371	38.8	2215	32.1	2486	34.2	3147	30	2817	30.8	4984	26.2	3437	26.5	2808	29.7	3122	34.1	5043
Aztreonam‡	52.6	565	55.2	938	53.1	1285	63.1	2386	57.6	2230	65.4	2512	67.4	2029	71	1813	70.7	3571	60.6	2650	62.4	2808	66.2	2270	70.6	3928
	46.7	565	43.5	938	45.1	1285	60.4	2386	54.7	2230	61.9	2512	56.9	2032	63.9	1813	67.5	3550	57.1	2650	62.4	2808	61.4	2270	67.9	3928
Imipenem‡	0	903	0.1	939	0.1	1287	0.2	2380	0.3	2230	0.4	2512	0.3	3295	0.5	2817	1.7	4986	3.1	3500	4.3	3676	13.1	3123	16.4	5044
	0	901	0.1	938	0.1	1287	0.4	2380	0.6	2230	0.3	2512	0.1	3286	0.5	2817	1.1	4986	2.7	3500	4	3676	12.9	3123	15.8	5042

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† Trimethoprim sulfamethoxazole

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations(upper) and MIC values (lower).

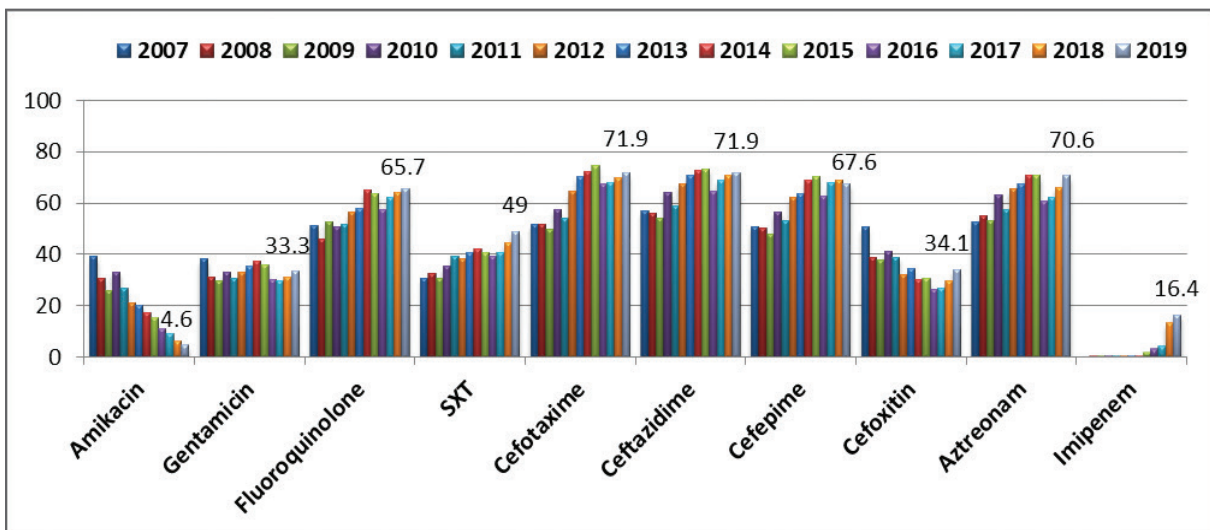


Figure 2-15 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from geriatric care hospitals

2.2.6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

2019년 요양병원 내성률 조사에서 엔테로박터균(*E. cloacae*)의 주요 분리원은 호흡기(72.2%), 소변(19.8%), 혈액(2.7%) 검체순으로 확인되었다. SXT, fluororquinolone 내성률은 30.3%, 23%로 2018년 보다 각각 5.1%, 3.7%로 감소했다. Cefotaxime 내성률은 39%로 2018년 보다 6.3% 감소했고 cefepime, ceftazidime 내성률은 14.8%, 31.2%로 2018년 보다 각각 5.8%, 4.3%로 감소했다. Imipenem 내성률은 3.9%로 2018년 보다 2.5% 감소했다(Table 2-16, Figure 2-16).

Table 2-16 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	5.3	319	5.3	283	3	334	2.3	308	2.3	289	0.7	412	2.1	362	1.1	273	1.3	311	1.6	439
Gentamicin	18.2	319	19	284	12.9	334	17.5	308	20.5	289	14.3	412	14.9	364	16.5	273	25.4	311	13.4	439
Fluoroquinolone*	20.4	319	20.5	283	19	342	18.4	283	31.1	289	23.5	412	24.2	365	22.8	215	26.7	311	23.0	439
SXT†	43.1	318	42.4	283	34.4	334	28.2	308	34.7	289	29.8	412	33.2	365	31.9	273	35.4	311	30.3	439
Cefotaxime‡	20.7	319	21.2	283	25.4	334	30.2	308	35.5	175	54.8	409	67.6	360	26.0	273	45.3	311	39.0	439
	38.9	319	43.5	283	37.1	334	33.8	308	42.6	289	43.2	412	36.8	362	38.8	273	46.9	311	38.7	439
Ceftazidime‡	21	319	22.3	283	22.8	334	20.1	308	24.9	289	30.1	412	23.5	362	27.5	273	35.5	310	31.2	439
	29.2	319	30	283	29	334	23.4	308	29.4	289	32.7	412	23.2	362	27.1	273	33.9	310	31.0	439
Cefepime	8.2	319	6.7	283	4.2	334	6.8	308	18.6	289	16.5	412	9.1	362	10.6	273	20.6	311	14.8	439
Aztreonam‡	21	319	22.3	283	21.6	334	19.9	211	25.6	199	23.4	298	22.2	279	26.5	215	36.3	242	32.4	349
	28.5	319	29.3	283	27.8	334	18.1	210	28.1	199	31	293	22.2	279	26.0	215	36.0	242	31.2	349
Imipenem‡	0	209	0	283	0.3	334	0	308	2.1	289	1.8	412	1.2	363	2.9	273	6.4	311	3.9	439
	1	209	0	283	0	334	0	308	0.7	289	0.9	412	0.3	363	2.6	273	5.8	311	3.9	439

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† Trimethoprim sulfamethoxazole

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations(upper) and MIC values (lower).

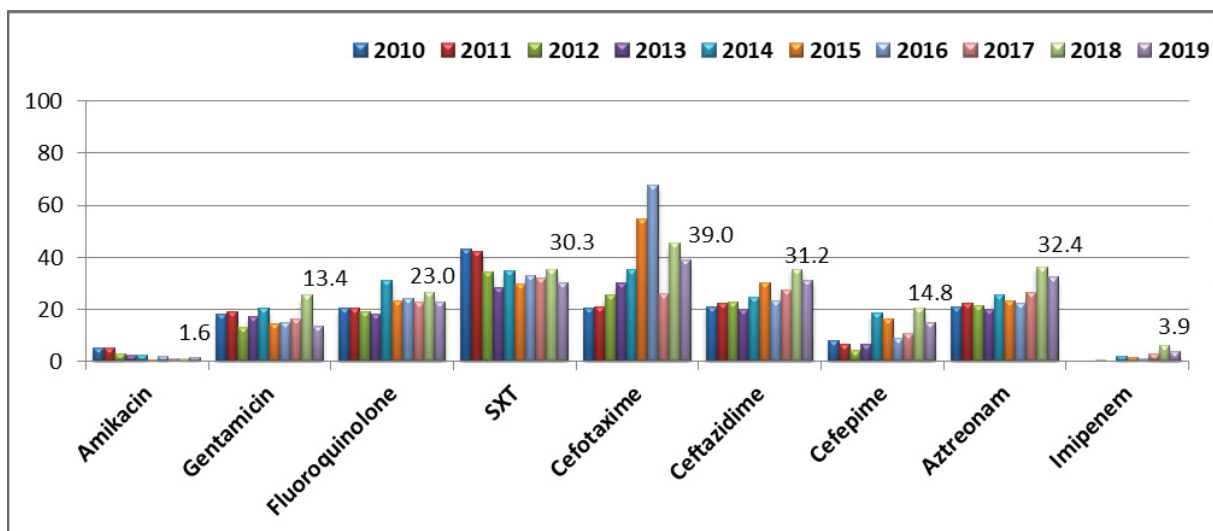


Figure 2-16 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from geriatric care hospitals

2.2.7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

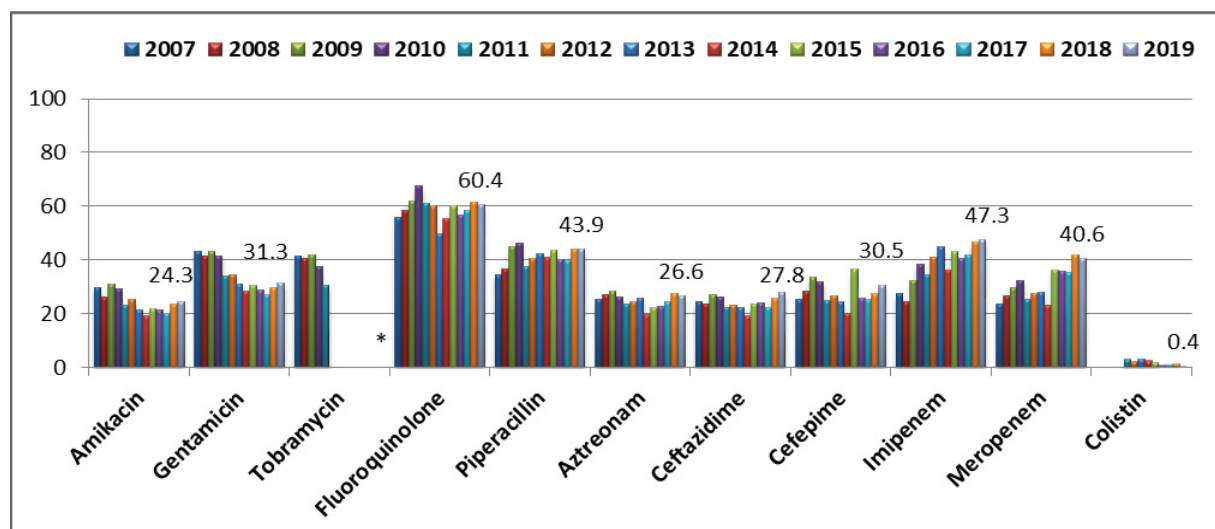
2019년 요양병원 내성률 조사에서 녹농균(*P. aeruginosa*)의 주요 분리원은 호흡기(68.1%), 소변(24%), 상처(4.6%) 검체순으로 확인되었다. Aminoglycoside계 내성률은 2018년보다 소폭 증가하였고, fluoroquinolone 내성률은 2013년 이후 계속 증가추세이며, 60.4%로 2018년보다 소폭 감소했다. Imipenem, meropenem 내성률은 각각 47.3%, 40.6%로 나타났다(Table 2-17, Figure 2-17).

Table 2-17 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	29.8	1405	26.1	1895	31	2739	29.3	5265	23.1	4070	25.2	4531	21.4	4622	19.2	3588	21.8	7120	21.2	4403	19.9	3537	23.6	5357	24.3	5380
Gentamicin	43	1406	41.2	1895	43.1	2737	41.5	5263	34	4071	34.4	4528	30.9	4623	28.5	3587	30.5	7120	28.7	4436	27.2	3537	29.5	5356	31.3	5378
Tobramycin	41.2	1400	40.5	1897	41.8	2742	37.6	5268	30.5	4072	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Fluoroquinolone*	55.7	1407	58.6	1896	61.9	2740	67.5	5247	61.1	4068	60.1	2178	49.5	4586	55.2	3587	60.1	7120	56.5	4455	58.5	3538	61.5	5359	60.4	5377
Piperacillin	34.5	1404	36.5	1892	45	2736	46.3	5260	37.5	4069	40.6	4517	42.2	4286	40.8	2523	43.4	5659	40	3242	39.8	3536	43.9	5357	43.9	5378
Aztreonam	25.2	1392	26.9	1890	28.4	2723	26.2	5248	23.6	4056	24.2	4526	25.5	4570	19.4	3574	22.4	7091	22.8	4391	24.5	3521	27.4	5326	26.6	5368
Ceftazidime	24.3	1405	23.5	1895	26.9	2743	26.1	5268	22.3	4068	23.3	4530	22.2	4623	19.3	3586	23.6	7118	23.9	4415	22.3	3536	25.5	5358	27.8	5381
Cefepime	25.1	1398	28.4	1894	33.7	2736	31.6	5260	24.8	4072	26.6	4531	24.5	4624	19.9	2522	36.6	5657	25.9	4417	25.3	3538	27.4	5359	30.5	5377
Imipenem	27.4	1407	24.2	1897	32.4	2742	38.3	5270	34.4	4072	41.1	4528	44.8	4616	36.2	3582	43.2	7117	40.7	4429	41.7	3534	46.6	5350	47.3	5377
Meropenem	23.5	1399	26.7	1893	29.8	2741	32.3	5257	25.2	4067	27.6	4512	27.7	4569	22.9	3406	36.3	7108	35.7	4346	35.3	3529	41.9	5349	40.6	5372
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	2.9	3115	2.1	3482	3.2	4063	2.5	3570	1.9	7102	0.7	4327	0.9	3321	1.3	4017	0.4	4276

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



* Not tested.

Figure 2-17 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from geriatric care hospitals

2.2.8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

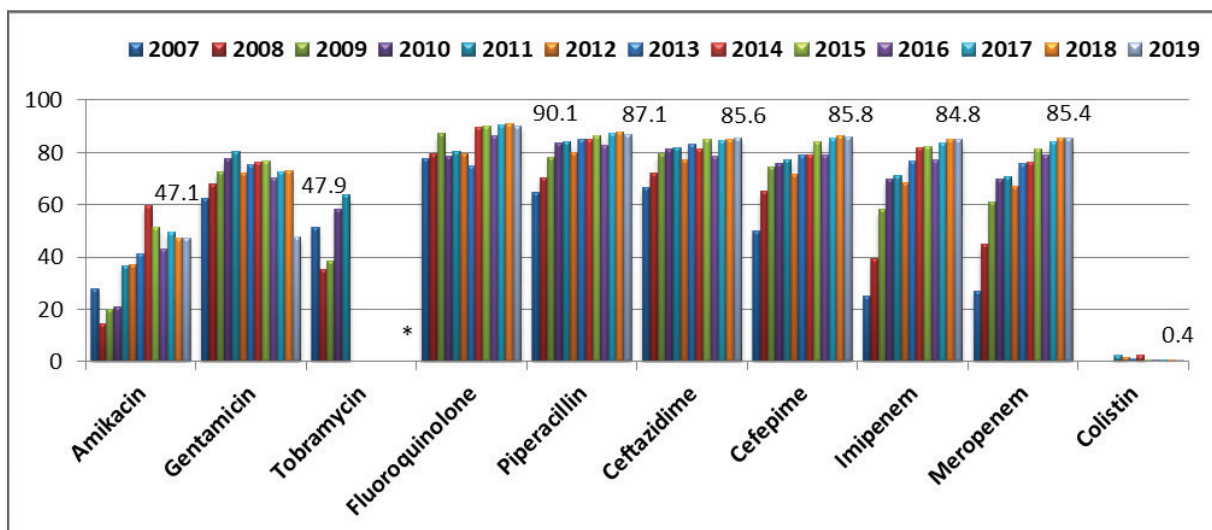
2019년 요양병원 내성률 조사에서 아시네토박터균(*A. baumannii*)의 주요 분리원은 호흡기(77.5%), 소변(8.9%), 상처(8.4%) 검체순으로 확인되었다. 2019년 ceftazidime 내성률은 85.6%로 2018년 보다 0.8% 증가하였고, cefepime 내성률은 85.8%로 2018년보다 0.4% 소폭 감소하였다. 2019년 fluoroquinolone 내성률은 90.1%로 2018년보다 0.7% 감소하였고, imipenem 내성률은 2019년 84.8%로 나타냈다(Table 2-18, Figure 2-18).

Table 2-18 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from geriatric care hospitals

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	27.8	288	14.4	404	20	904	20.8	1712	36.7	1455	37.1	2011	41.3	2051	59.6	1758	51.4	2217	43.2	1212	49.3	1129	47.2	1316	47.1	1498
Gentamicin	62.5	288	68	412	72.7	904	77.5	2162	80.2	1709	72	2300	75.4	2224	76.4	2179	76.5	3821	70.1	2498	72.6	2769	72.8	3436	47.9	6273
Tobramycin	51.3	269	35.4	410	38.6	904	58.2	2162	63.7	1710	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Fluoroquinolone*	77.8	288	79.4	412	87.1	868	78.5	2158	80.3	1709	79.7	852	75	2224	89.5	2177	90.3	3821	86.2	2502	90.6	2769	90.8	3436	90.1	3468
Piperacillin	64.6	288	70.4	412	78.1	904	83.8	2160	84.3	1710	79.9	2296	84.8	2223	84.9	1516	86.6	3531	82.9	2429	87.4	2769	88	3439	87.1	3470
Ceftazidime	66.7	288	72.1	412	79.4	904	81.4	2161	81.9	1709	77.3	2300	83.3	2225	81.3	2179	85	3821	78.7	2492	84.5	2769	84.8	3440	85.6	3472
Cefepime	49.8	285	65	411	74.5	903	76	2160	77.2	1709	71.7	2299	78.8	2225	78.9	1519	84	3795	78.8	2492	85.4	2769	86.2	3440	85.8	3472
Imipenem	25	288	39.3	412	58.1	904	69.8	2160	71.2	1709	68.4	2300	76.7	2224	81.7	1977	82.4	3731	77.2	2494	83.6	2769	84.9	3439	84.8	3472
Meropenem	27.1	269	44.9	412	61.1	904	70	2160	70.6	1708	67.1	2296	75.8	2221	76.3	2109	81.5	3814	78.9	2432	83.9	2769	85.4	3437	85.4	3469
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	2.3	1151	1.7	2054	1	2210	2.7	2166	0.6	3547	0.6	2419	0.7	2678	0.7	3072	0.4	3124

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



* Not tested

Figure 2-18 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from geriatric care hospitals

2.3. 국내 항균제 내성정보 조사결과: 의원

2.3.1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

2018년 의원 내성률 조사에서 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)의 주요 분리원은 농양(29.3%), 상처(19.9%), 기타(15%) 검체순으로 확인되었다. MRSA 비율이 39.8%로, 2018년과 같이 40% 이하로 나타났으며 전반적으로 중소병원, 요양병원보단 전체적으로 낮은 내성률을 나타냈다. mupirocin 내성은 14.6%로 작년 16.2%보다 소폭 감소를 했다(Table 2-19, Figure 2-19).

Table 2-19 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin [*]	49.5	1102	43.3	1367	44	1411	46.6	3478	45.2	3685	50.6	4510	46.8	4003	39.3	3107	42.5	4300	38.3	3669	37.4	3926	34.9	4622	39.8	6870
Penicillin G	99.9	1234	96.4	1430	93	1475	93.3	1721	94.8	1689	94.1	4484	92.7	3601	92.1	2851	91.2	2962	89.3	3710	88.8	3937	89.1	5284	87.1	5865
Erythromycin	48.5	1200	44.2	1330	42.4	1404	43.7	3411	41.4	3596	44.7	4406	39.7	3967	30.9	3056	36.3	4199	30	3615	31.4	4378	29.8	5671	32.4	6730
Clindamycin [†]	41.4	1199	34.8	1329	33.6	1388	40.4	3421	38.5	3649	41.6	4427	35.5	3967	27.2	3056	31.4	4199	29.1	3615	29.1	4379	29.4	5672	26.4	6730
	31.6	1198	25.5	1329	24.3	1387	23.2	3421	21.8	3649	24.5	4427	20.2	4017	14	3056	16	4204	12.5	3615	9.6	4379	10.2	5672	9.3	6730
Gentamicin	37.4	1237	30.1	1430	29.1	1478	29.6	3479	28.5	3685	34.2	4505	26.6	4004	19.5	3107	21.5	4301	21.9	3746	20.5	4485	21.2	5847	20.2	6871
Ciprofloxacin	34.3	1237	27.8	1429	28.1	1477	28.3	3464	27.2	3683	32.7	4508	29.1	4005	19.2	3106	26.5	4302	24.6	3763	24.1	4483	26.5	5848	24	6866
Tetracycline	38.6	1236	30.2	1430	30.1	1478	31.2	3479	29.1	3632	32	4485	26.4	4004	19.5	3106	21.5	4303	20.9	3710	16.6	4486	18.3	5848	16.6	6866
Rifampin	1.9	952	1.2	1429	1.4	1480	2.5	3480	2.7	3631	3	4485	1.7	4004	1.5	3108	1.8	4302	1.8	3670	1.2	4485	1.1	5849	1	6871
SXT [‡]	9.1	1237	6.1	1430	4	1481	5.4	3480	3.7	3686	4	4505	2.5	4005	2.7	3107	3.3	4302	4.5	3784	3.1	4486	3.2	5848	3.7	6871
Vancomycin [§]	0	1237	0	1430	0	1481	0	3480	0	3687	0	4510	0	4004	0	3108	0	4302	0.1	3710	0	4485	0	5849	0	6871
Linezolid	0.2	1232	0.1	1429	0	1479	0.1	3468	0.1	3685	0.1	4506	0.1	4005	0.1	3108	0.1	4303	0.1	3710	0.1	4486	0.1	5949	0.1	6871
QDA [§]	0.2	953	0.2	1430	0.1	1477	0	3465	0.1	3679	0.1	4505	0	4008	0	3107	0	4303	0.4	3687	0	4486	0	5849	0	6871
Mupirocin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	3.3	1095	5	3330	6	3120	5.3	3106	7.5	4297	10.1	3637	13.7	4412	16.2	5285	14.6	5865

^{*} Including cefoxitin.

[†] The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations(upper) and MIC values (lower).

[‡] Trimethoprim sulfamethoxazole.

[§] VISA ; 2007(0.2%), 2008(0.3%), 2009(0.2%), 2010(0.1%), 2011(0.0%), 2012(0.0%), 2013(0.0%), 2014(0.0%), 2015(0.0%), 2016(0.0%), 2017(0.0%), 2018(0.0%), 2019(0.0%).

[§] Quinupristin dalfopristin.

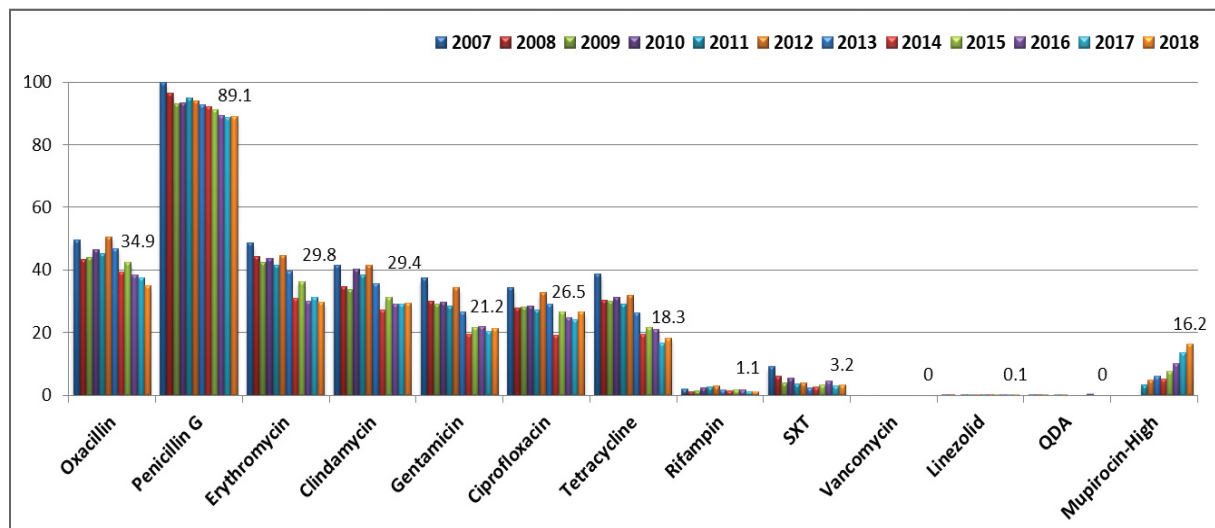


Figure 2-19 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. aureus* isolated from clinics

2.3.2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

2018년 의원 내성률 조사에서 장알균(*E. faecium*, *E. faecalis*) 주요 분리원은 소변(71.9%), 질(17.3%), 대변(4.8%) 검체순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

MIC값에 근거한 ampicillin 내성률은 2017년 0.1%이고, 자동화 장비의 감수성 결과에서도 2009년 20.1%를 나타낸 이후 지속적으로 내성률이 감소하여 2019년에는 0.1%를 나타냈다. Ciprofloxacin과 고농도 gentamicin의 내성률은 각각 9.6%, 53.8% 나타냈다. 고농도 streptomycin은 2007년 30.5% 이후 감소하여 2019년에는 20%로 나타났으며 작년과 동일했다. Tetracycline은 87.6%로 높은 내성률을 유지했다. Vancomycin, linezolid 내성률은 각각 0.4%, 1%로 나타냈다(Table 2-20, Figure 2-20).

Table 2-20 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin*	1.9	1086	8.8	1645	20.1	1485	17.9	1677	8	4443	7.8	4792	4.6	3773	4.2	4523	1.7	6640	3.4	6707	0.1	9633	0.3	15501	0.1	17991
	0.6	1084	0.2	1641	0.4	1483	0.3	1677	0.4	4443	0.4	4792	0.5	4778	0.7	4523	0.2	6644	3.4	6706	0.1	9633	0.2	15494	0.1	17982
Ciprofloxacin	10	1084	10.2	1644	12.6	1486	9.1	4070	10.8	4441	13.7	4633	13.8	3674	14.3	4382	12.1	6509	12.7	6600	10.2	9211	10.5	14809	9.6	17215
Gentamicin-High	53.6	1084	54.2	1632	59.2	1478	53.5	4060	56.5	4434	57.2	4783	54.6	3770	56.8	4385	53.7	6291	55.7	5944	62.3	9199	56.5	14688	53.8	16926
Streptomycin-High	30.5	1076	28.9	1632	29.1	1476	24.3	4053	25.8	4433	24.3	4779	23.8	3766	20.8	4519	19.5	6630	20.1	6391	37.5	9623	20	15468	20	17959
Tetracycline	83.4	1086	85.6	1643	87.5	1487	86.3	4070	87.3	4405	87.5	4631	86.1	3676	87.6	4513	88	6510	86.9	6298	87.3	9214	88.8	14810	87.6	17218
Vancomycin	0.3	1086	0.1	1645	0.6	1486	0.1	4069	0.6	4448	0.5	4793	0.4	3775	0.4	4527	1.4	6640	1	6423	1	9632	0.3	15494	0.4	17994
Linezolid	0.8	1083	1	1641	1.1	1485	0.3	4063	0.6	4440	0.4	4787	0.5	3773	0.2	4526	0.6	6641	0.4	6424	0.6	9634	1	15494	1	17994

* The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

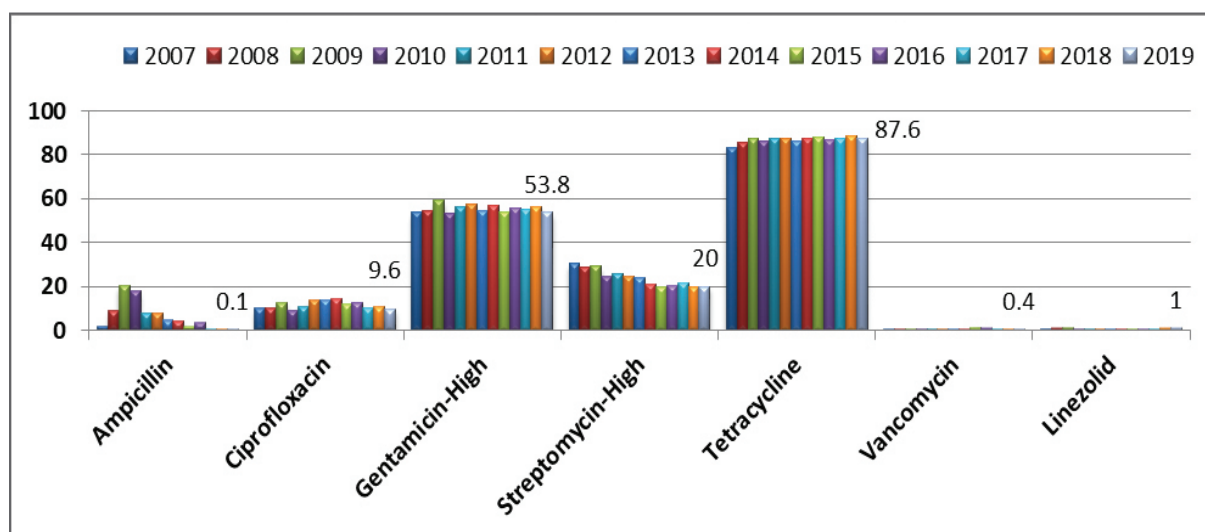


Figure 2-20 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecalis* isolated from clinics

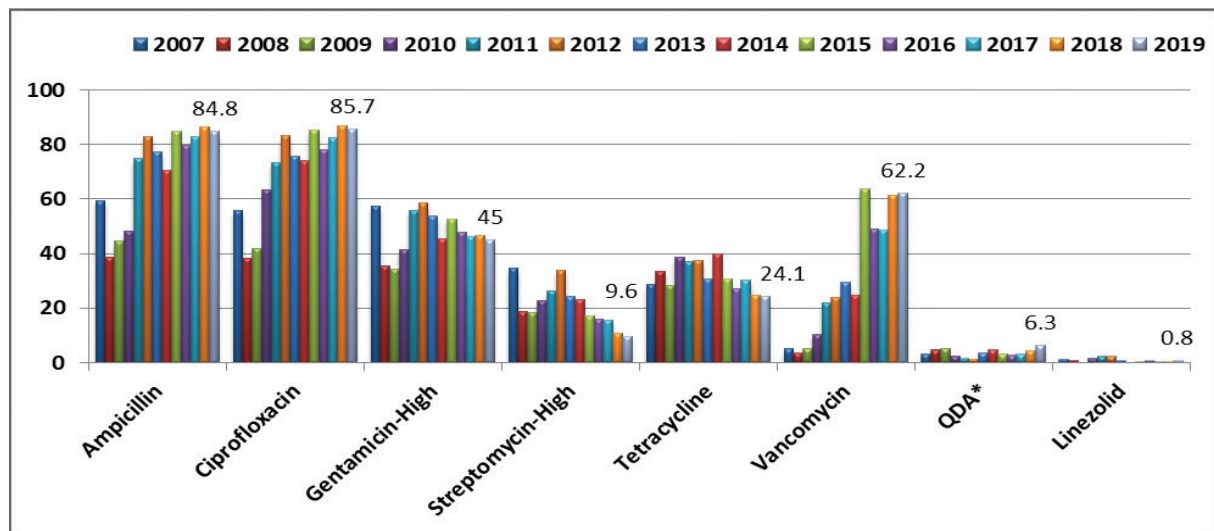
Enterococcus faecium

Ampicillin, ciprofloxacin 내성률은 각각 86.5%, 86.8%로 전년도 보다 소폭 상승했으며 고농도 gentamicin 내성률은 46.8%로 전년과 비슷하게 나타났다. 고농도 streptomycin 내성률은 10.8%로 2012년 이후 감소하고 있으며 tetracycline 내성률은 24.5%로 전년보다 감소하였다. Vancomycin 내성률은 2018년 61.4%로 12.7% 증가하였고, QDA와 linezolid 내성률은 각각 4.5%, 0.2%로 나타났다(Table 2-21, Figure 2-21).

Table 2-21 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	59.4	160	38.5	226	44.5	211	48.4	192	74.8	445	83	552	77.3	439	70.5	519	84.9	1147	79.9	728	82.8	1156	86.5	2349	84.8	1985
Ciprofloxacin	55.6	160	38.3	227	41.7	211	63.4	487	73.5	446	83.2	525	75.9	425	74	508	85.4	1134	78.3	736	82.4	1092	86.8	2143	85.7	1950
Gentamicin-High	57.2	152	35.3	218	34.3	207	41.6	483	55.8	441	58.7	545	53.7	436	45.4	516	52.4	1084	47.8	578	46.4	1071	46.8	2254	45	1874
Streptomycin-High	34.7	150	18.9	217	18.4	206	22.6	483	26.2	439	33.8	545	24.1	436	23.2	516	17.3	1146	16.1	666	15.5	1152	10.8	2195	9.6	1982
Tetracycline	28.8	160	33.5	227	28.4	211	38.6	485	37.2	441	37.5	525	30.8	425	40	508	30.8	1134	27.2	670	30.1	1092	24.5	2143	24.1	1950
Vancomycin	5	160	3.5	227	5.2	211	10.3	486	21.7	446	23.9	552	29.4	439	24.7	519	63.7	1148	49	675	48.7	1155	61.4	2349	62.2	1985
QDA*	3.3	153	4.6	219	5.2	210	2.5	484	1.4	442	1.3	545	3.6	533	4.8	508	3.2	1130	2.6	649	3.1	1155	4.5	2349	6.3	1985
Linezolid	1.3	153	0.9	219	0	210	1.7	484	2.3	443	2.3	526	0.7	438	0	519	0.5	1147	0.6	675	0.3	1155	0.2	2349	0.8	1985

* Quinupristin dalfopristin

**Figure 2-21 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. faecium* isolated from clinics**

2.3.3. 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

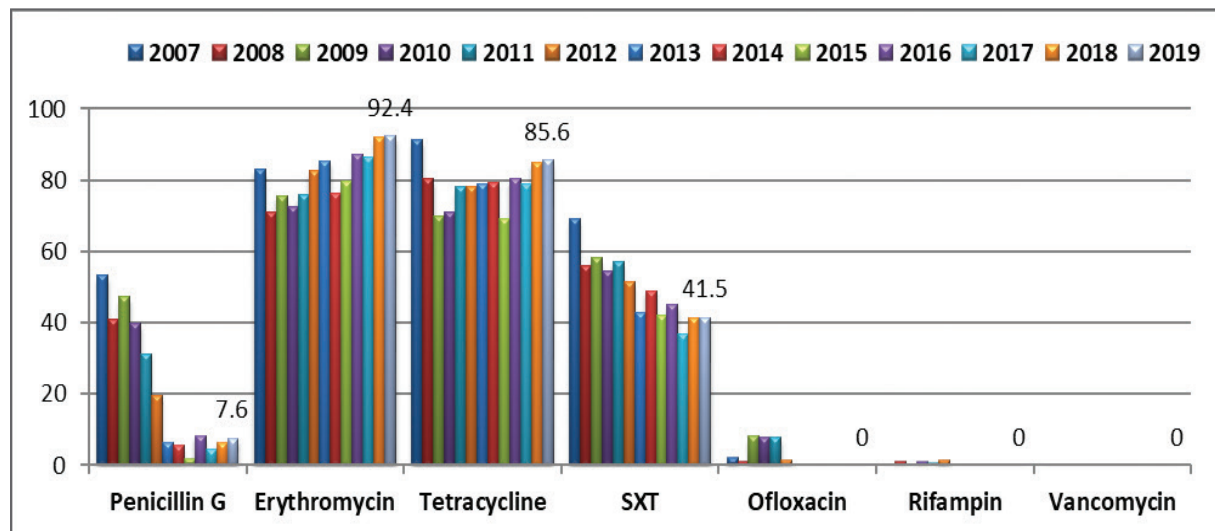
2019년 의원 내성률 조사에서 폐렴사슬알균(*S. pneumoniae*)의 주요 분리원은 호흡기(58.5%), 기타(12.3%), 농양(8.2%) 검체순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 2019년 7.6%로 2018년에 비해 증가하였다. Erythromycin 내성률은 92.4%이고 tetracycline과 SXT 내성률은 각각 85.6%, 41.5%로 2018년 전년도 보다 소폭 증가하였다(Table 2-22, Figure 2-22).

Table 2-22 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	53.3	90	40.9	93	47.3	93	39.7	63	31.3	64	19.7	142	6.5	93	5.7	88	1.8	57	8.3	84	4.6	87	6.4	78	7.6	118
Erythromycin	83.1	89	71.1	90	75.6	86	72.7	99	75.9	137	82.5	177	85.4	150	76.2	88	79.5	88	87.1	101	86.5	133	92.1	114	92.4	171
Tetracycline	91.2	91	80.4	92	69.9	93	70.9	103	78	141	78	177	78.9	151	79.4	88	69.3	88	80.4	102	78.9	133	85	113	85.6	167
SXT [*]	69.2	91	55.9	93	58.1	93	54.4	103	57.3	143	51.4	66	42.8	151	49	88	42	88	45.1	102	36.8	133	41.2	114	41.5	171
Ofloxacin	2.2	90	1.1	87	8.1	86	7.8	103	7.8	115	1.5	66	NT [†]	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	0	89	1.1	88	0	86	1	103	0.7	143	1.5	176	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Vancomycin	0	91	0	93	0	93	0	103	0	143	0	142	0	151	0	88	0	88	0	102	0	133	0	114	0	171

^{*} Trimethoprim sulfamethoxazole.

[†] Not tested



* Not tested.

Figure 2-22 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. pneumoniae* isolated from clinics

2.3.4. 대장균(*Escherichia coli*)

2019년 의원 내성률 조사에서 대장균(*E. coli*)의 주요 분리원은 소변(90.9%), 질(6.0%), 농양(0.8%) 검체순으로 확인되었다. 대부분의 항균제에서 병원, 요양병원보다 낮은 내성률을 보였다. Cefotaxime과 aztreonam의 경우 2019년 cefotaxime 내성률은 24.1%, aztreonam은 22.9%의 내성률을 나타냈다(Table 2-23, Figure 2-23).

Table 2-23 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	8.5	575	5.8	828	11.1	784	9.4	945	10.7	1138	11.1	2078	8.2	3352	3.7	2349	5.2	3569	2.3	3504	1.3	4935	2.5	7180	2.7	9520
Gentamicin	10.8	575	6.5	828	11.7	784	12.1	946	14	1138	17.9	2078	17.8	3351	10.7	2350	15	3569	12.4	3618	10.2	4935	14.1	7180	13.4	9521
Fluoroquinolone ^a	17.7	575	12	828	14.8	393	14.9	944	18.8	1138	25.9	2095	22.8	3380	17.5	2350	22.3	3569	19.6	3651	15.4	4935	26.2	7180	20.5	9521
SXT ^b	19	575	12.1	828	15.3	782	14.5	946	16.5	1136	19.4	2078	20.5	3352	17.1	2350	20.5	3569	19.9	3677	16.9	4935	23.3	7179	22.4	9521
Cefotaxime ^c	14.8	575	10.5	828	16.7	783	15.8	946	22	1138	30	2078	31.7	3352	16.7	1206	27.9	3518	24.2	3481	18.9	4935	28.2	7180	23.6	9521
	7.8	575	5.2	828	6.5	783	17.2	944	22.7	1138	30.1	2078	31	3422	25.4	2351	25.8	3570	22.6	3567	18.5	4935	27.2	7180	23.2	9521
Ceftazidime ^c	17.4	575	11.2	828	17.6	782	17.4	946	23.1	1137	30.9	2078	32.4	3351	19.8	2349	26.7	3569	22.9	3541	19.5	4935	29.6	7180	24	9521
	12.9	575	8.3	828	13.6	782	15.3	944	20.5	1137	28.2	2078	27.7	3421	22.2	2351	21.2	3570	18.2	3541	13.8	4935	24.3	7180	18.8	9521
Cefepime ^c	13.9	575	10.1	828	16.1	783	15.8	943	21.4	1136	28.6	2078	30.3	3352	17.7	2349	26	3569	22.8	3567	18.9	4935	27.3	7179	22.4	9521
	2.4	575	1.8	828	2.8	783	3.4	943	5.8	1136	10.6	2078	13.4	3422	14.2	2351	11.2	3570	9.8	3541	7.6	4935	12.9	7179	11	9521
Cefoxitin	12.5	574	9.1	826	13.2	783	13.6	938	14	1135	18.5	2074	13.1	3008	9.7	2350	11.7	3569	7.9	3480	6.8	4308	16	7180	14.5	9521
Aztreonam ^c	15.4	337	10.7	828	17.4	783	16.9	945	23.1	1138	30.3	2078	35	2861	17.2	1753	27.4	3042	23.9	2962	16.1	4273	28.8	6265	23.8	8691
	12.2	337	8.5	828	14.3	783	14	943	20.7	1138	28.4	2078	28.5	2931	22.1	1755	24.4	3043	21.4	2962	16.1	4273	25.9	6265	20.9	8691
Imipenem ^c	0	575	0	828	0	784	0.2	941	0.3	1138	0.4	2078	0.1	3352	0.3	2351	0.6	3569	2.1	3574	1.1	4935	8.7	7180	5.9	9521
	0	575	0	828	0	784	0.7	939	0.4	1138	0.3	2078	0.1	3421	0.3	2351	0.5	3570	2	3574	1.1	4935	8.7	7180	5.6	9521

^a 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

^b The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

^c Trimethoprim sulfamethoxazole

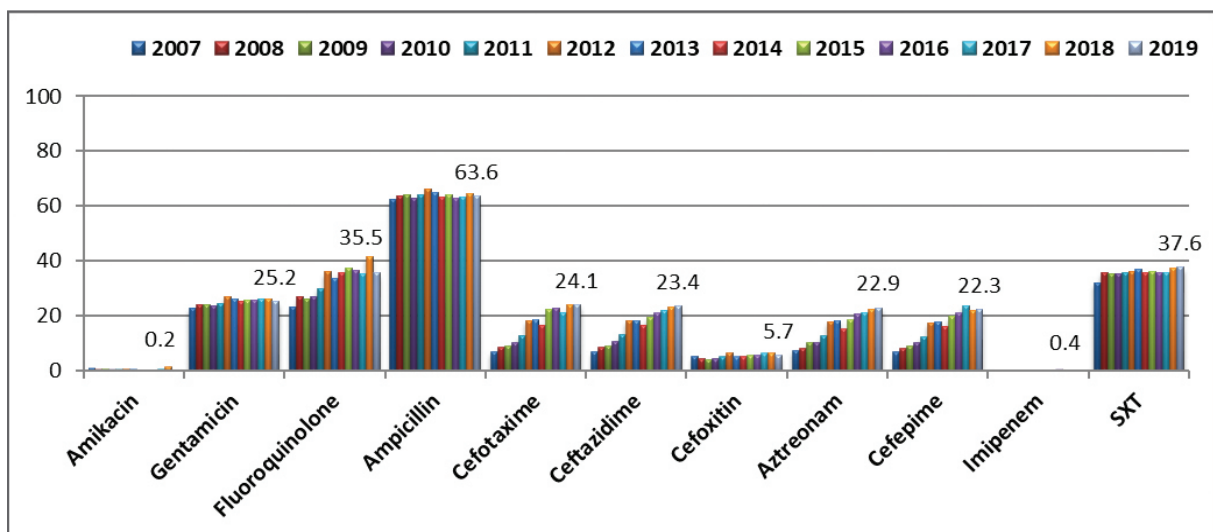


Figure 2-23 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. coli* isolated from clinics

2.3.5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

2019년 의원 내성률 조사에서 폐렴막대균(*K. pneumoniae*)의 주요 분리원은 소변(64.3%), 호흡기(17.7%), 질(6.6%) 검체순으로 확인되었다. 모든 항균제에서 병원, 요양병원보다는 낮은 내성률을 나타냈다. imipenem에 대한 내성율을 5.9%로 2018년 8.7%보다 감소하였다. Fluoroquinolone 내성률은 20.5%로 2018년보다 5.7% 감소하였다(Table 2-24, Figure 2-24).

Table 2-24 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	8.5	575	5.8	828	11.1	784	9.4	945	10.7	1138	11.1	2078	8.2	3352	3.7	2349	5.2	3569	2.3	3504	1.3	4935	2.5	7180	2.7	9520
Gentamicin	10.8	575	6.5	828	11.7	784	12.1	946	14	1138	17.9	2078	17.8	3351	10.7	2350	15	3569	12.4	3618	10.2	4935	14.1	7180	13.4	9521
Fluoroquinolone*	17.7	575	12	828	14.8	393	14.9	944	18.8	1138	25.9	2095	22.8	3380	17.5	2350	22.3	3569	19.6	3651	15.4	4935	26.2	7180	20.5	9521
SXT†	19	575	12.1	828	15.3	782	14.5	946	16.5	1136	19.4	2078	20.5	3352	17.1	2350	20.5	3569	19.9	3677	16.9	4935	23.3	7179	22.4	9521
Cefotaxime‡	14.8	575	10.5	828	16.7	783	15.8	946	22	1138	30	2078	31.7	3352	16.7	1206	27.9	3518	24.2	3481	18.9	4935	28.2	7180	23.6	9521
	7.8	575	5.2	828	6.5	783	17.2	944	22.7	1138	30.1	2078	31	3422	25.4	2351	25.8	3570	22.6	3567	18.5	4935	27.2	7180	23.2	9521
Ceftazidime‡	17.4	575	11.2	828	17.6	782	17.4	946	23.1	1137	30.9	2078	32.4	3351	19.8	2349	26.7	3569	22.9	3541	19.5	4935	29.6	7180	24	9521
	12.9	575	8.3	828	13.6	782	15.3	944	20.5	1137	28.2	2078	27.7	3421	22.2	2351	21.2	3570	18.2	3541	13.8	4935	24.3	7180	18.8	9521
Cefepime‡	13.9	575	10.1	828	16.1	783	15.8	943	21.4	1136	28.6	2078	30.3	3352	17.7	2349	26	3569	22.8	3567	18.9	4935	27.3	7179	22.4	9521
	2.4	575	1.8	828	2.8	783	3.4	943	5.8	1136	10.6	2078	13.4	3422	14.2	2351	11.2	3570	9.8	3541	7.6	4935	12.9	7179	11	9521
Cefoxitin	12.5	574	9.1	826	13.2	783	13.6	938	14	1135	18.5	2074	13.1	3008	9.7	2350	11.7	3569	7.9	3480	6.8	4308	16	7180	14.5	9521
Aztreonam‡	15.4	337	10.7	828	17.4	783	16.9	945	23.1	1138	30.3	2078	35	2861	17.2	1753	27.4	3042	23.9	2962	16.1	4273	28.8	6265	23.8	8691
	12.2	337	8.5	828	14.3	783	14	943	20.7	1138	28.4	2078	28.5	2931	22.1	1755	24.4	3043	21.4	2962	16.1	4273	25.9	6265	20.9	8691
Imipenem‡	0	575	0	828	0	784	0.2	941	0.3	1138	0.4	2078	0.1	3352	0.3	2351	0.6	3569	2.1	3574	1.1	4935	8.7	7180	5.9	9521
	0	575	0	828	0	784	0.7	939	0.4	1138	0.3	2078	0.1	3421	0.3	2351	0.5	3570	2	3574	1.1	4935	8.7	7180	5.6	9521

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† Trimethoprim sulfamethoxazole.

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

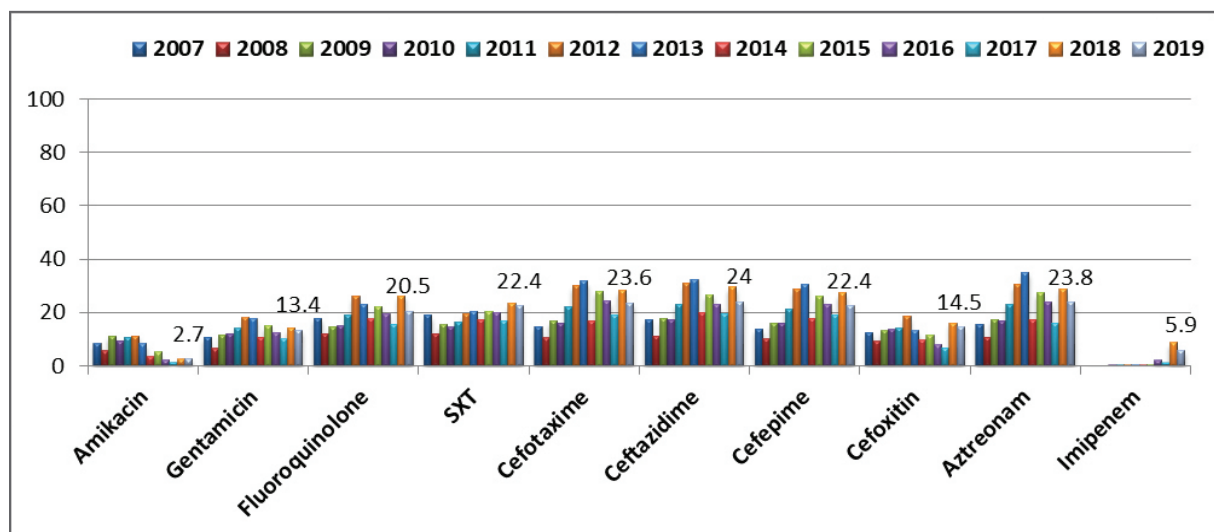


Figure 2-24 Antimicrobial resistance rates (%) of *K. pneumoniae* isolated from clinics

2.3.6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

2019년 의원 내성률 조사에서 엔테로박터균(*E. cloacae*)의 주요 분리원은 소변(51.1%), 기타(9.9%), 호흡기(9.7%) 검체순으로 확인되었다. 수집된 균주 amikacin 내성률은 9.6%로 2018년 보다 1.9% 감소했다. Cefotaxime 내성률은 23.1%로 2018년 보다 감소하였고, cefepime 내성률은 9.4%로 2018년에 비해 3.7% 감소했다. Imipenem 내성률은 1.4%로 나타났다(Table 2-25, Figure 2-25).

Table 2-25 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	2.6	745	2	783	2.1	1017	2.5	946	4.8	707	0.6	1231	1.3	318	7.0	388	11.5	754	9.6	841
Gentamicin	10.9	745	8.6	783	11.9	1017	9.1	946	10.2	707	13.8	1231	6.2	324	10.6	388	15.4	754	11.9	841
Fluoroquinolone*	3.9	745	5.1	783	7.5	1028	7.6	940	8.7	707	11.4	1231	5.3	342	5.7	210	8.5	754	4.3	841
SXT†	16.8	745	15	782	18.6	1031	20.6	923	13.1	643	23	1000	12.9	340	9.0	388	9.8	754	9.9	841
Cefotaxime‡	11.9	745	9.7	783	14.8	1017	15.5	946	11.9	316	27.4	1226	29.8	315	18.6	388	26.8	754	23.1	841
	19.7	745	17.2	783	19.7	1017	19	951	30.1	707	45	1231	24.5	322	22.9	388	26.9	754	23.1	841
Ceftazidime‡	11.5	745	11.1	783	12.3	1017	12.4	946	12.1	707	18.7	1231	17.1	322	14.4	388	19.4	754	15.7	841
	15.8	745	13.4	783	14.7	1017	18.9	951	15.7	707	15.2	1231	17.4	322	14.4	388	19.2	754	15.6	841
Cefepime	1.3	745	2.2	783	2.9	1017	4	946	8.6	707	11.6	1231	2.2	322	8.8	388	13.1	754	9.4	841
Aztreonam‡	9.5	745	8.9	783	11.1	1017	13.5	833	14.1	558	28.1	1076	11.7	163	12.4	210	14.6	473	13.8	607
	14.8	745	11.7	783	15.3	1017	15.8	838	25.8	558	46.2	1076	13.5	163	11.5	209	14.8	473	13.3	607
Imipenem‡	0	291	0.3	783	0.1	1017	0.6	946	0.1	707	0.5	1231	2.7	339	0.5	388	0.5	754	1.4	840
	0.7	291	0	783	0	1017	0.1	947	0.3	707	1	1231	2.7	338	0.3	387	0.5	754	1.4	840

* 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

† Trimethoprim sulfamethoxazole

‡ The resistance rates were calculated from automation equipment R/I/S interpretations (upper) and MIC values (lower).

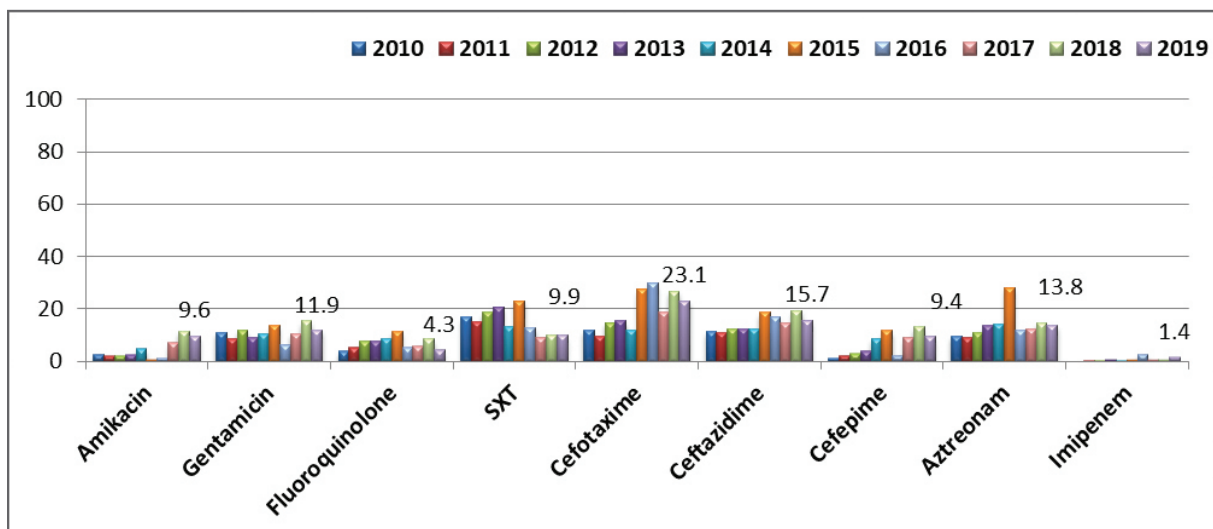


Figure 2-25 Antimicrobial resistance rates (%) of *E. cloacae* isolated from clinics

2.3.7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

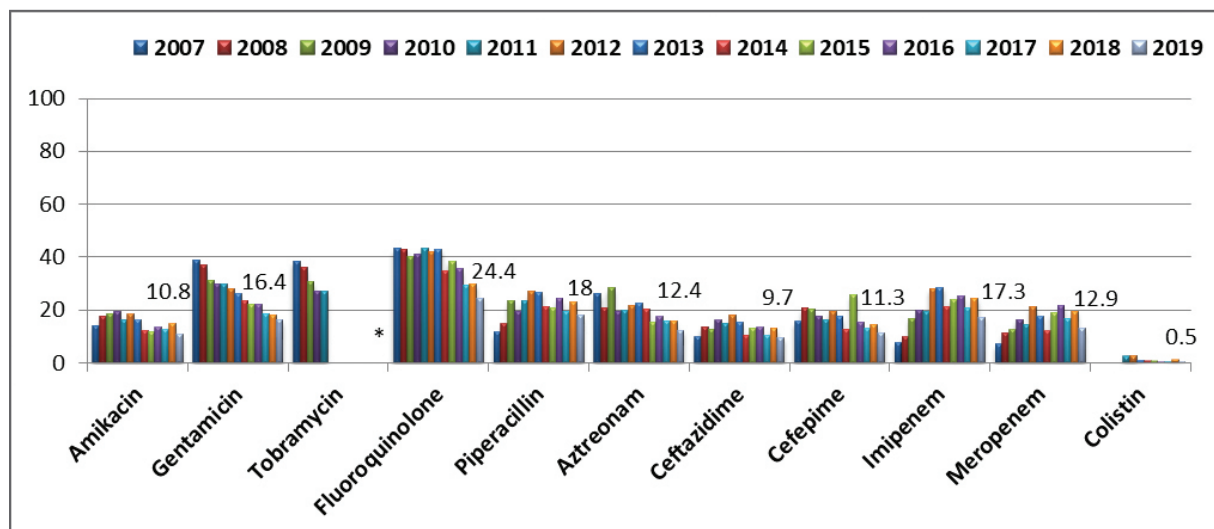
2019년 의원 내성률 조사에서 녹농균(*P. aeruginosa*)의 주요 분리원은 소변(32.7%), 호흡기(28.1%), 농양(16.3%) 검체순으로 확인되었다. Aminoglycoside계 항균제인 amikacin, gentamicin 내성률은 보다 소폭 감소했으며 각각 10.8%, 16.4%로 나타났다. Fluoroquinolone 내성률은 24.4%로 2018년 보다 5.6% 감소했으며, carbapenem계 내성률은 2018년에 비해 감소했다. Colistin 내성률은 0.5%로 나타났다(Table 2-26, Figure 2-26).

Table 2-26 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	14.1	898	17.5	943	18.4	982	19.2	2117	16.2	2141	18.3	3195	16.1	2801	12.4	1660	11.8	2442	13.4	1769	12.6	1076	14.7	1882	10.8	1804
Gentamicin	38.8	898	36.8	943	31.3	983	29.7	2114	29.7	2140	27.9	3193	26.1	2800	23.4	1660	22	2441	22	1813	18.7	1076	18.2	1882	16.4	1804
Tobramycin	38.4	895	36.1	944	30.6	984	27.1	2118	27.2	2142	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Fluoroquinolone*	43.2	899	42.9	943	40.1	979	41.3	2111	43.4	2142	42.1	1744	43.1	2750	34.8	1661	38.4	2443	35.5	1827	29.2	1076	30	1882	24.4	1801
Piperacillin	11.6	896	14.7	941	23.6	977	19.4	2118	23.4	2141	26.9	3181	26.7	2342	21.2	938	20.6	1229	24.3	922	19.6	1076	23.2	1881	18	1804
Aztreonam	26	886	20.9	935	28.4	978	19.6	2114	19.9	2131	21.6	3169	22.6	2731	20.4	1653	15.5	2426	17.4	1777	15.7	1074	16	1875	12.4	1797
Ceftazidime	9.8	897	13.6	943	12.8	983	16.1	2119	15.1	2138	18	3193	15.4	2801	10.6	1661	13.1	2443	13.5	1782	10.4	1076	13.1	1882	9.7	1801
Cefepime	15.6	895	20.7	939	20.3	982	17.6	2114	16.3	2140	19.6	3197	17.5	2802	12.7	938	25.8	1227	15.3	1784	12.9	1076	14.5	1882	11.3	1803
Imipenem	7.8	899	10	944	16.8	984	19.8	2119	19.4	2142	28.2	3192	28.5	2795	21.1	1659	24.1	2436	25.4	1796	20.9	1075	24.5	1878	17.3	1801
Meropenem	7.2	895	11.4	942	12.6	982	16.3	2110	14.4	2139	21.2	3166	17.4	2667	12.1	1442	18.8	2425	21.6	1739	16.7	1076	19.6	1881	12.9	1803
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	2.6	683	2.9	1916	1.1	2011	0.8	1653	0.7	2436	0.2	1734	0.6	860	1.2	925	0.5	1034

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



^{*} Not tested.

Figure 2-26 Antimicrobial resistance rates (%) of *P. aeruginosa* isolated from clinics

2.3.8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

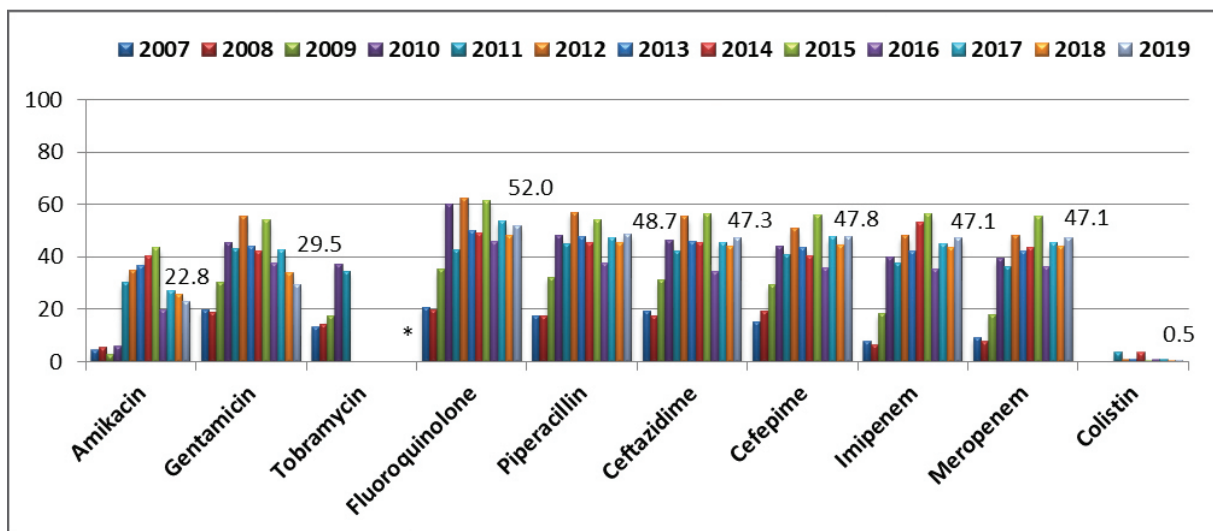
2019년 의원 내성률 조사에서 아시네토박터균(*A. baumannii*)의 주요 분리원은 호흡기(40.4%), 소변(39.7%), 상처(6.9%) 검체순으로 확인되었다. 의원의 항균제 내성률은 전반적으로 낮게 나타났으며 2019년 imipenem 내성률은 47.1%로 2018년 보다 3.3% 증가했고 amikacin, colistin, gentamicin을 제외한 대부분의 항균제 내성률이 40~50% 이었다(Table 2-27, Figure 2-27).

Table 2-27 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from clinics

Antimicrobial agent	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	4.4	203	5.6	270	2.8	321	6	267	30.1	1045	34.7	999	36.7	1003	40.2	914	43.5	513	19.9	246	27	141	25.7	148	22.8	180
Gentamicin	19.7	203	18.7	273	30.1	322	45.5	852	42.9	1138	55.3	1460	44	1345	42	1024	54.1	1337	37.6	1106	42.6	1089	34.1	1550	29.5	1634
Tobramycin	13.2	174	14.3	273	17.4	322	37	852	34.5	1138	NT†	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Fluoroquinolone*	20.7	203	19.8	273	35.2	298	60.2	3215	42.7	1137	62.3	462	49.9	1346	49.2	1024	61.6	1337	46	1132	53.8	1089	48.3	1549	52.0	1634
Piperacillin	17.3	202	17.3	272	32.1	321	48	852	45.1	1138	57.1	1456	47.7	1345	45.3	544	54.1	1114	37.8	1066	47.4	1088	45.5	1550	48.7	1633
Ceftazidime	19.2	203	17.6	273	31.1	322	46.2	852	42.3	1138	55.5	1460	46	1346	45.6	1024	56.6	1337	34.4	1103	45.5	1089	44.1	1550	47.3	1634
Cefepime	15.3	202	19.3	270	29.5	322	44	852	40.9	1138	50.8	1460	43.8	1345	40.4	545	56.1	1312	35.6	1104	47.7	1089	44.7	1550	47.8	1634
Imipenem	7.9	203	6.6	273	18.4	321	39.8	852	37.5	1138	48.1	1460	42	1346	53.1	800	56.4	1258	35.4	1120	44.9	1088	43.8	1550	47.1	1634
Meropenem	9.2	174	7.7	273	18	322	39.4	852	36.1	1136	48.3	1456	42.3	1344	43.8	908	55.5	1334	36.4	1077	45.4	1089	44.2	1549	47.1	1631
Colistin	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	3.7	299	0.8	1237	1	1334	3.6	1018	0.4	1131	0.8	1064	1	966	0.2	1208	0.5	1332

^{*} 2007–2009 ciprofloxacin, 2010–2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013–2019 ciprofloxacin

[†] Not tested



* Not tested

Figure 2-27 Antimicrobial resistance rates (%) of *A. baumannii* isolated from clinics

2.4. 병원별 주요 항균제 내성 비교

2.4.1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

MRSA 2019년 요양병원의 oxacillin 내성률은 86% 2018년 보다 7.7% 증가하였고 중소병원에서는 53.9% 의원에서는 39.8%의 내성률을 나타냈다(Figure 2-28).

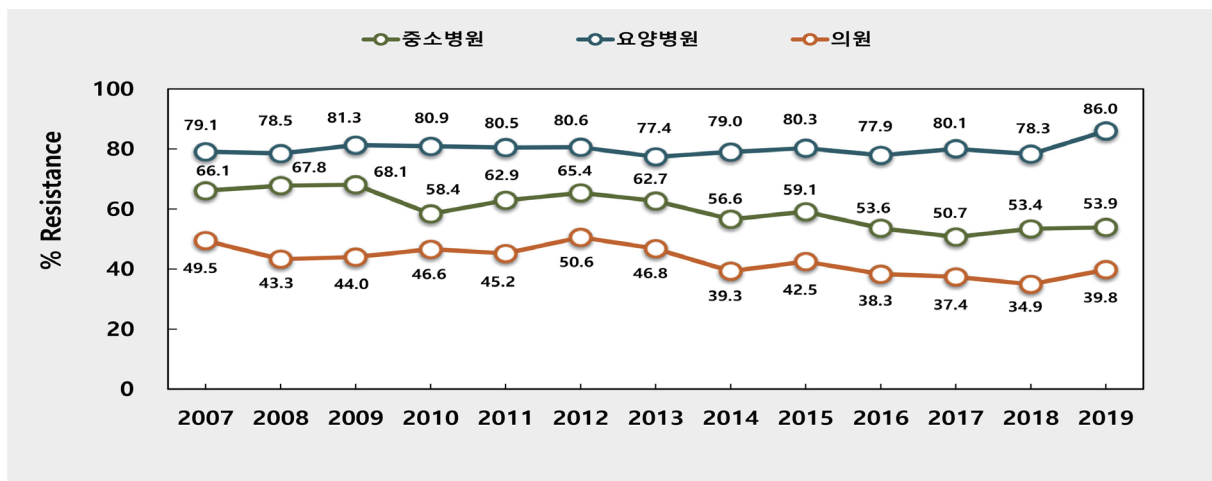


Figure 2-28 Trends of oxacillin resistance for *S. aureus* by hospital type

2.4.2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

VRE 2019년 *E. faecalis*의 vancomycin 내성률은 중소병원과 의원에서 각각 0.8%, 0.4% 였으나, 요양병원에서는 10.9%로 작년보다 감소했지만 중소병원, 의원에 비해 높게 나타났다. *E. faecium*의 vancomycin 내성률은 중소병원과 의원에서 각각 44.4%와 62.2%로 나타났으며 요양병원에서는 84.7%였다. 전체 장알균(*E. faecalis*와 *E. faecium* 포함)에서 vancomycin 내성률은 병원과 의원에서 15.6%, 6.6%였고, 요양병원의 vancomycin 내성률은 63.1%로 2018년보다 9.5%로 감소를 보였다(Figure 2-29, Figure 2-30, Figure 2-31).

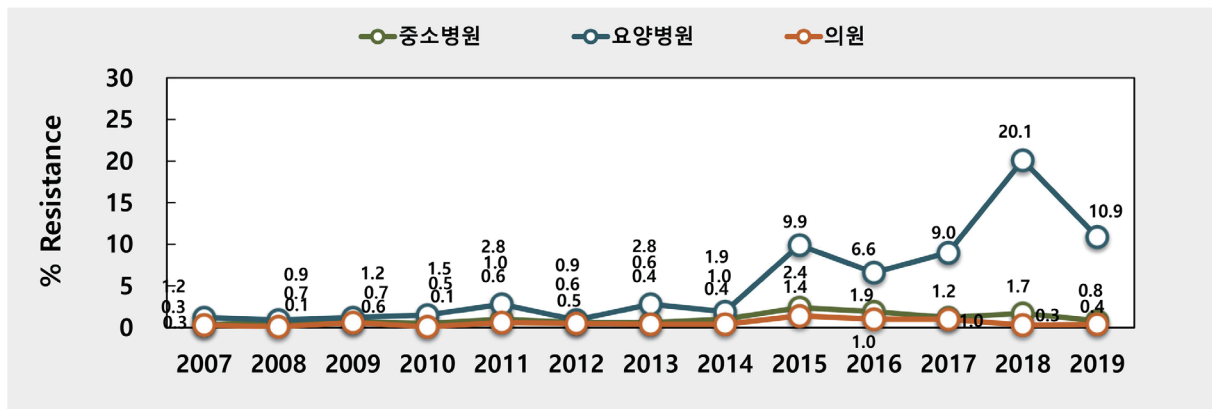


Figure 2-29 Trends of vancomycin resistance for *E. faecalis* by hospital type

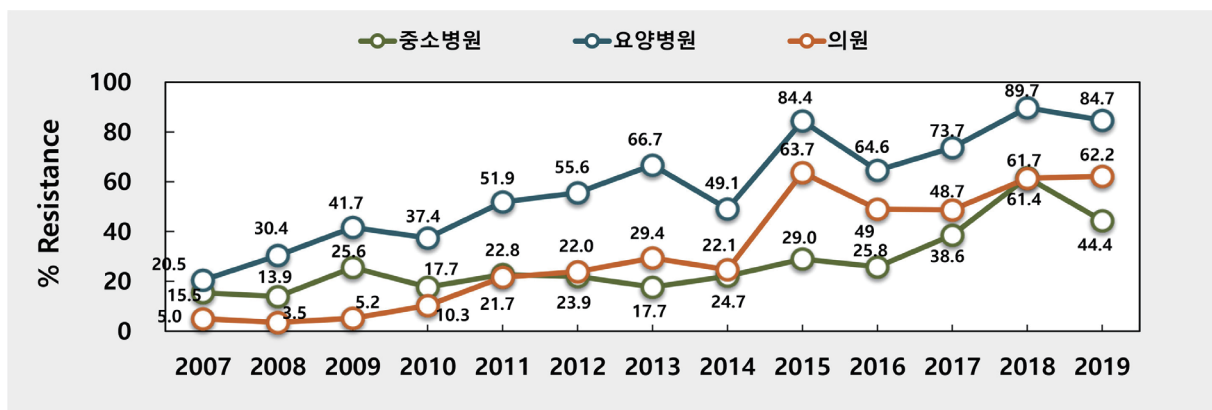


Figure 2-30 Trends of vancomycin resistance for *E. faecium* by hospital type

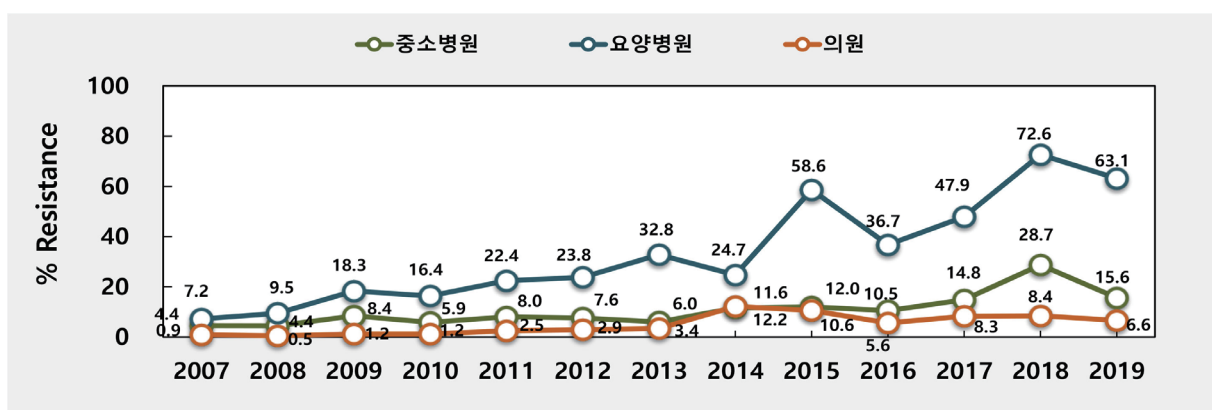


Figure 2-31 Trends of vancomycin resistance for *Enterococcus* spp. by hospital type

2.4.3. 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

Penicillin G 내성분석 2007-2018년 병원, 요양병원, 의원에서 분리한 폐렴사슬알균의 penicillin G MIC를 0.06-8 $\mu\text{g/mL}$ 구분하여 분석하였다. 2011년까지는 vitek II에서 사용하는 카드는 MIC 2 $\mu\text{g/ml}$ 이하의 값만 측정할 수 있었으나 2012년 상반기부터는 AST-ST01 카드로 변경됨에 따라 중간내성과, 내성을 판별할 수 있었다. 2011년까지 penicillin G의 MIC 2 $\mu\text{g/mL}$ 는 병원, 요양병원, 의원에서 각각 42.6-55.7%, 58.9-74.4%, 39.7-69.8%로 나타났고, 2019년 penicillin G의 MIC가 8 $\mu\text{g/mL}$ 로 내성인 비율은 요양병원 75.9%, 의원 6.8%, 중소병원 3%이었다(Figure 2-32).

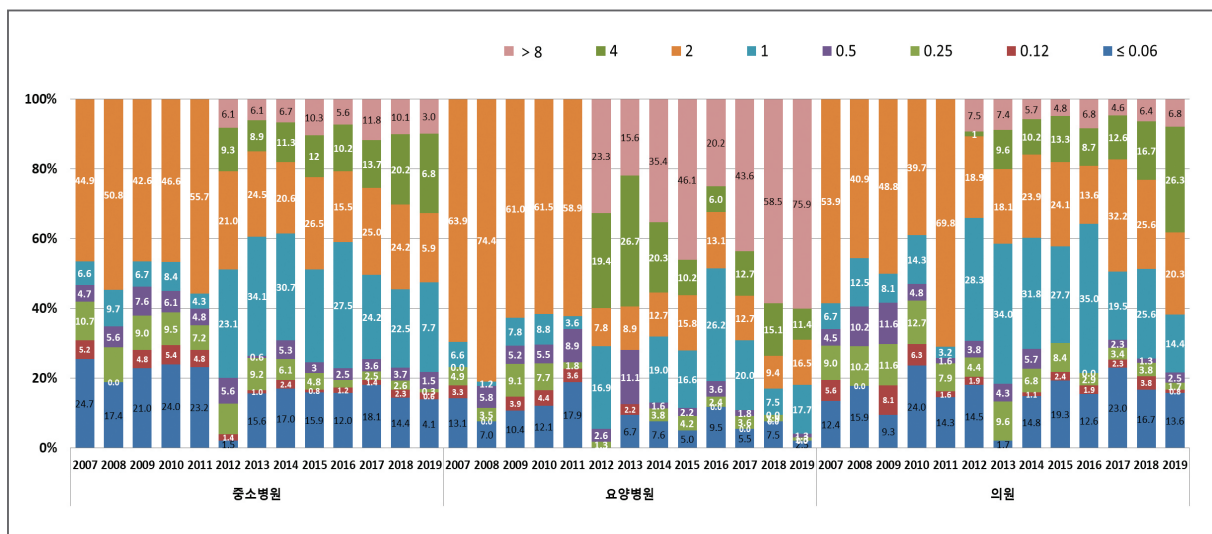


Figure 2-32 Distributions of the penicillin G MIC for *S. pneumoniae* by hospital type

2.4.4. 대장균(*Escherichia coli*)

3rd Generation Cephalosporin Resistance 3세대 cephalosporin계인 cefotaxime, ceftazidime의 내성률을 의료기관별로 비교하면 요양병원의 내성률이 가장 높고 병원, 의원 순으로 나타났다. 임상검사센터에서 수집한 자동화장비에 의해 산출된 감수성결과에 따른 내성률과 MIC값을 근거로 한 내성률을 비교한 결과 ceftazidime에서 그 차이가 크게 나타났고, 이는 전자의 경우 자동화장비 고유의 프로그램에서 ESBL 생성 표현형을 고려하여 재해석된 감수성결과가 반영된 값이 포함된 결과로 추정된다. *E. coli*에서는 cefotaxime에 내성을 나타내는 CTX-M type β -lactamase가 주로 검출되므로 cefotaxime 내성은 실제로도 내성인 경우가 많고, 이러한 경우 ceftazidime은 MIC값이 내성 기준에 해당하지 않더라도 자동화장비의 감수성결과는 내성으로 판정했기 때문에 ceftazidime 내성률이 MIC값에 근거한 내성률보다 높게 나타난 것으로 판단 된다(Figure 2-33, Figure 2-34).

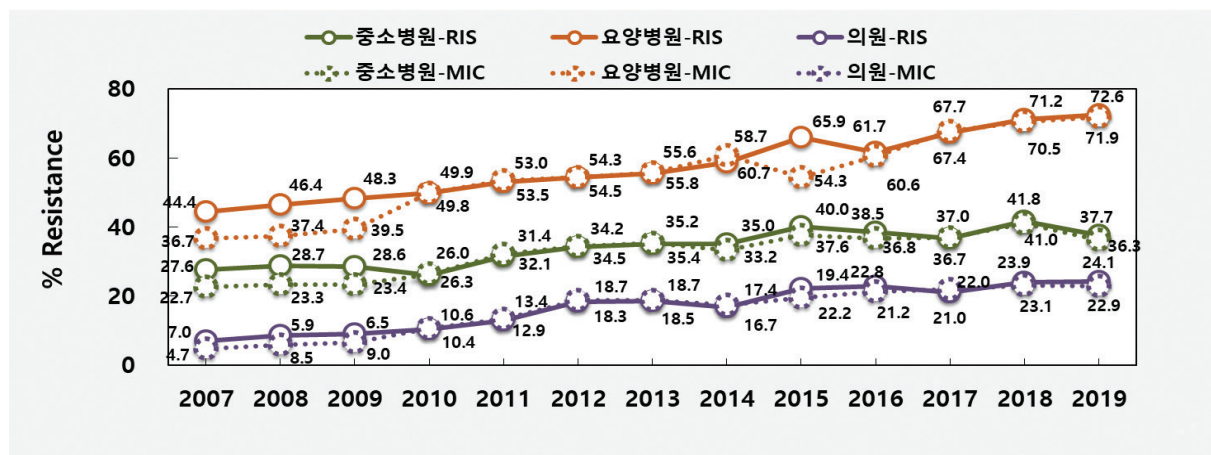


Figure 2-33 Trends of cefotaxime resistance for *E. coli* by hospital type

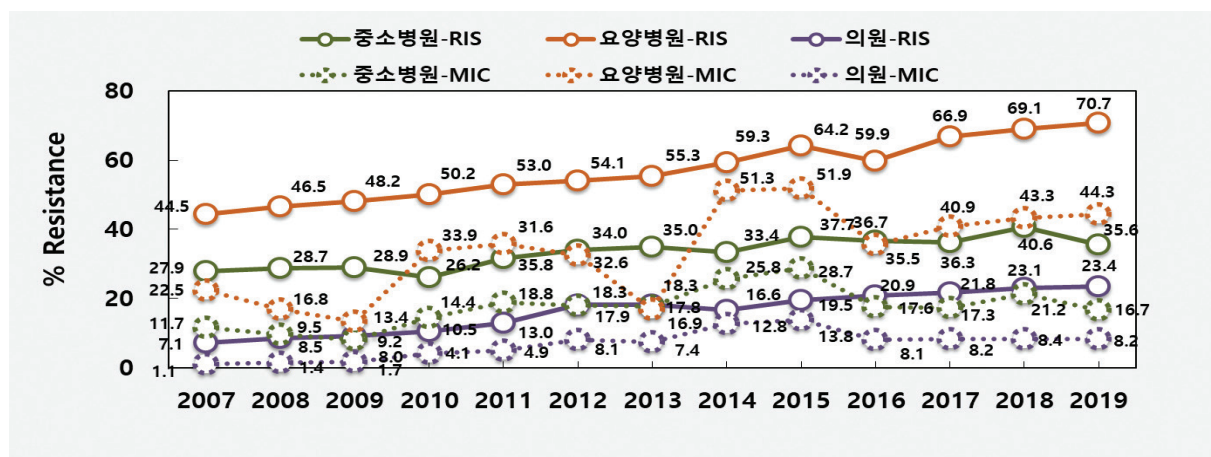


Figure 2-34 Trends of ceftazidime resistance for *E. coli* by hospital type

2.4.5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

3rd Generation Cephalosporin Resistance Cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성은 주로 ESBL 생산에 의해 나타나므로 내성률 변화를 주시해야 한다. Cefotaxime, ceftazidime의 내성률은 요양병원에서는 2018년과 유사하게 나타났지만, 중소병원, 의원에서는 2018년도보다 감소하였고 2017년과 비슷한 내성률을 나타냈다(Figure 2-35, Figure 2-36).

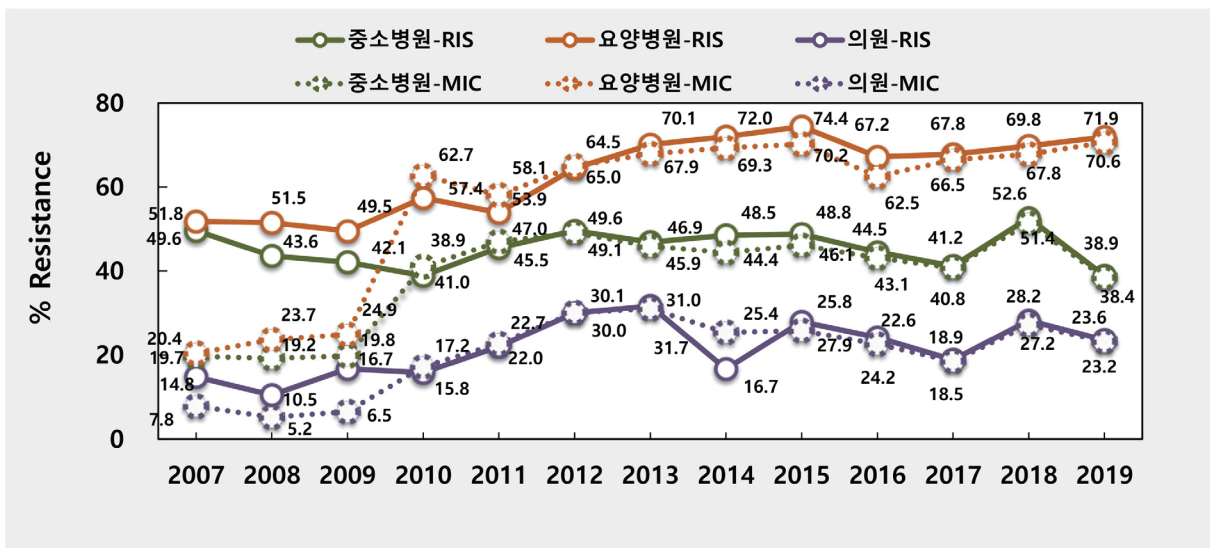


Figure 2-35 Trends of cefotaxime resistance for *K. pneumoniae* by hospital type

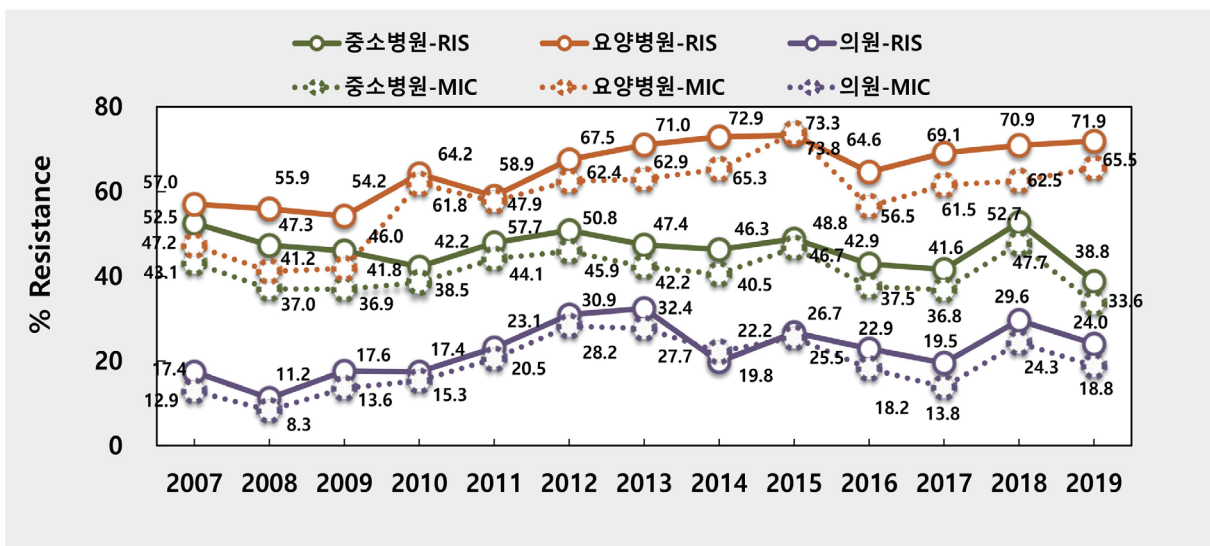


Figure 2-36 Trends of ceftazidime resistance for *K. pneumoniae* by hospital type

2.4.6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

3rd Generation Cephalosporin Resistance Cefotaxime과 ceftazidime에 대한 내성은 주로 ESBL 생산 등에 의해 나타나므로 내성률 변화를 주시해야 한다. 중소병원은 cefotaxime, ceftazidime 내성률은 각각 21.3%, 17%로 2018년 보다 8.9%, 8.2% 감소했으며, 요양병원 cefotaxime, ceftazidime은 내성률은 38.7%, 31%로 2018년 보다 각각 8.2%, 2.9% 감소했다. 의원 cefotaxime, ceftazidime 내성률은 23.1%, 15.6%로 2018년 보다 각각 3.8%, 3.6% 감소했다(Figure 2-37, Figure 2-38).

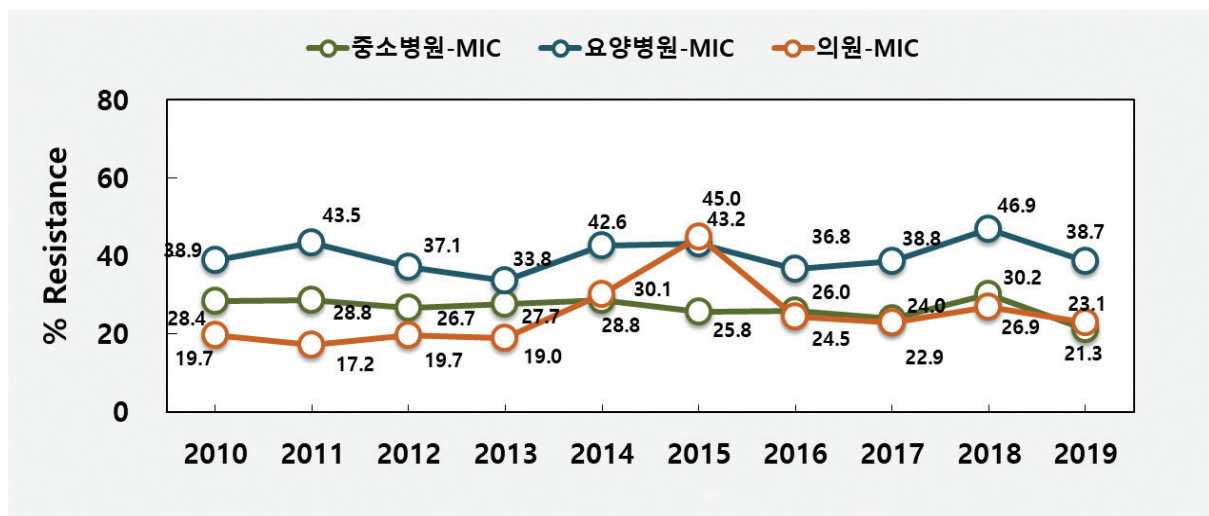


Figure 2-37 Trends of cefotaxime resistance for *E. cloacae* by hospital type

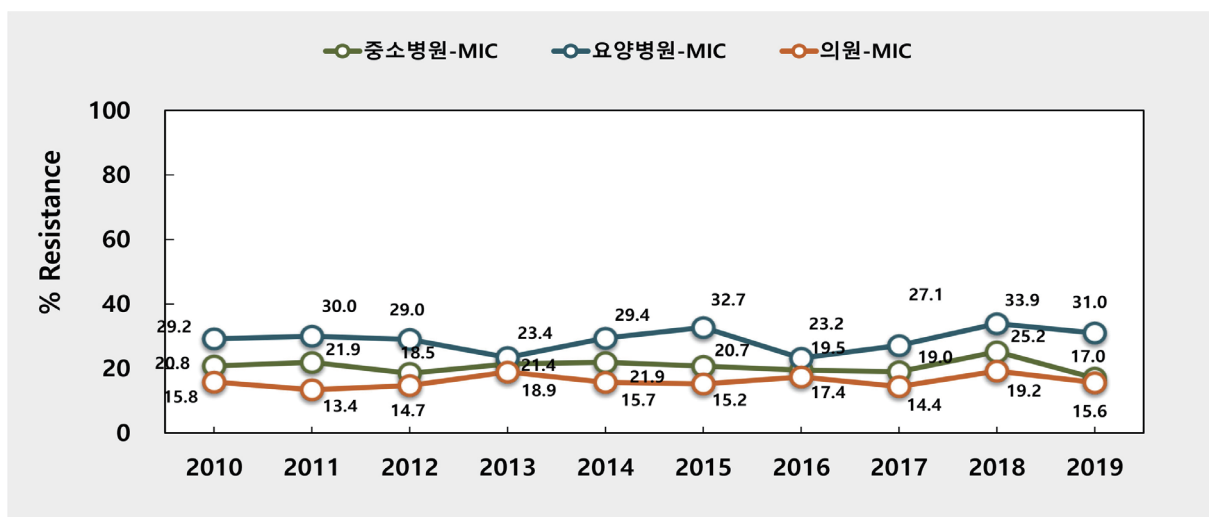


Figure 2-38 Trends of ceftazidime resistance for *E. cloacae* by hospital type

2.4.7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

Carbapenem Resistance 요양병원의 imipenem, meropenem 내성률은 2018년보다 증가하였고 병원, 의원에서는 2018년보다는 감소했다. 2019년 imipenem 내성률은 17.3-47.3%, Meropenem 내성률은 12.9-40.6%를 나타냈다. Imipenem, meropenem 내성률은 요양병원이 제일 높았고, 의원에서 가장 낮게 나타났다(Figure 2-39, Figure 2-40).

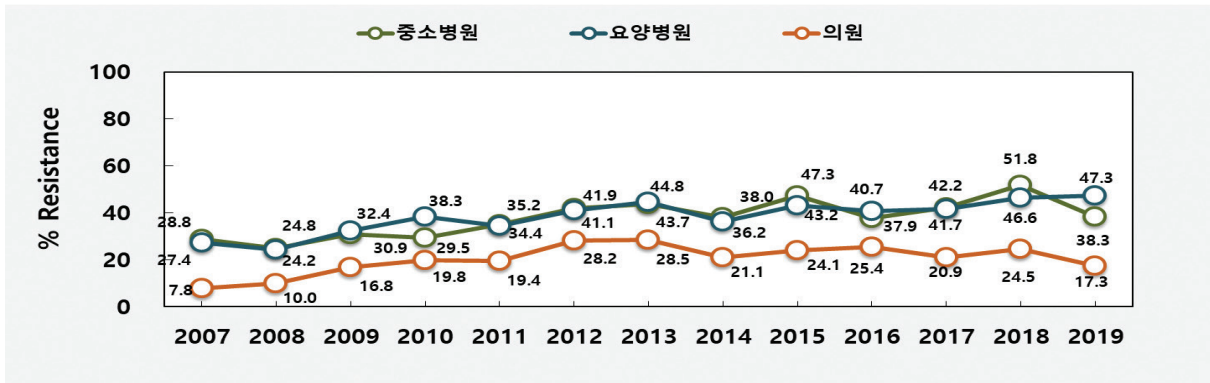


Figure 2-39 Trends of imipenem resistance for *P. aeruginosa* by hospital type

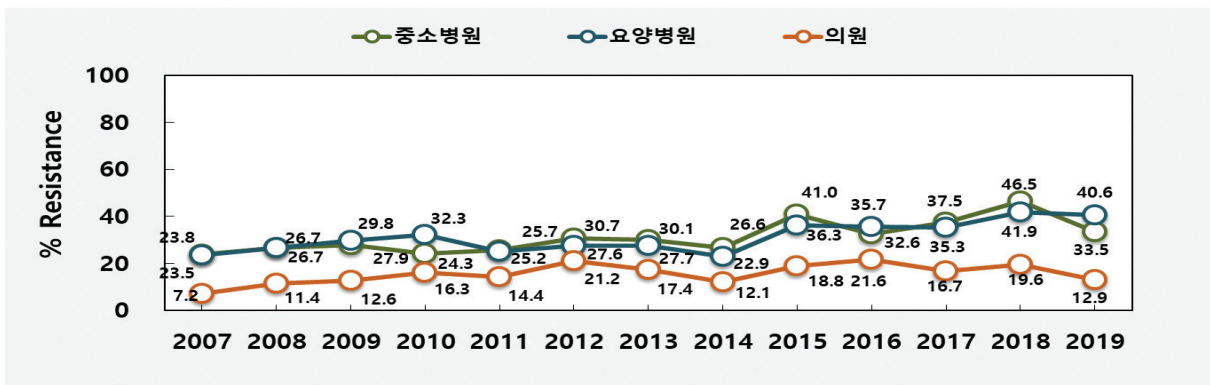


Figure 2-40 Trends of meropenem resistance for *P. aeruginosa* by hospital type

MRPA Carbapenem계 (imipenem 또는 meropenem), aminoglycoside계 (amikacin 또는 gentamicin 또는 tobramycin), fluoroquinolone계 (ciprofloxacin 또는 levofloxacin) 등 세 계열의 항균제에 모두 내성을 나타내는 녹농균은 2007년 이후 지속적으로 20%대를 유지하고 있었으나 요양병원에서는 60.7%로 작년 보다 11.7% 증가하였고 중소병원, 의원에서는 각각 46.2%, 26.8% 대로 나타났다(Figure 2-41).

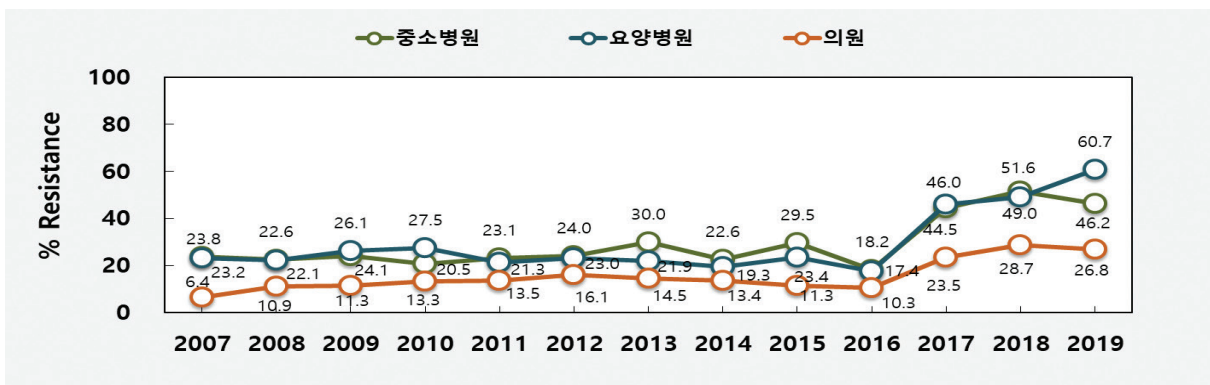


Figure 2-41 Trends of MRPA by hospital type

2.4.8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

Carbapenem Resistance 2007년부터 지속적으로 증가하던 carbapenem 내성률은 2011년 이후 주춤한 양상을 보였고, 내성률은 요양병원, 병원, 의원 순으로 나타났다. 2019년 carbapenem 내성률은 2018년에 비해 요양병원, 의원은 소폭 증가하였고 병원은 감소하였다(Figure 2-42, Figure 2-43).

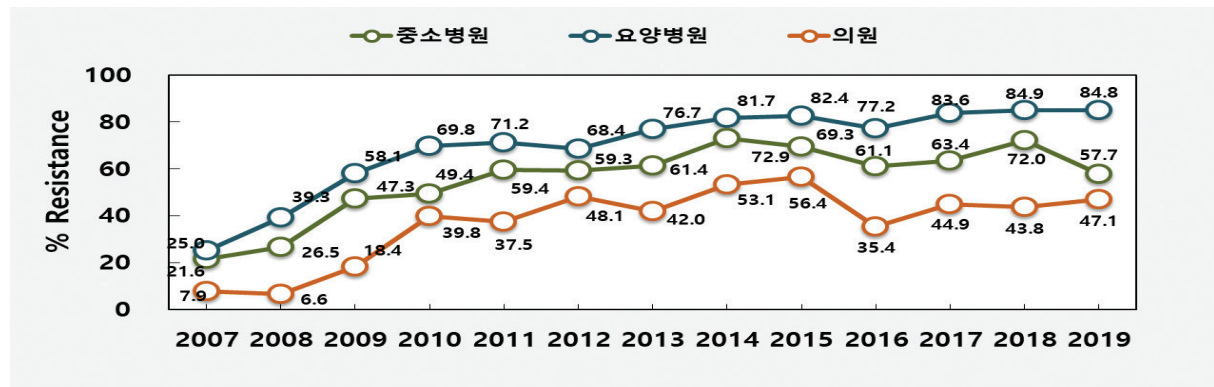


Figure 2-42 Trends of imipenem resistance for *A. baumannii* by hospital type

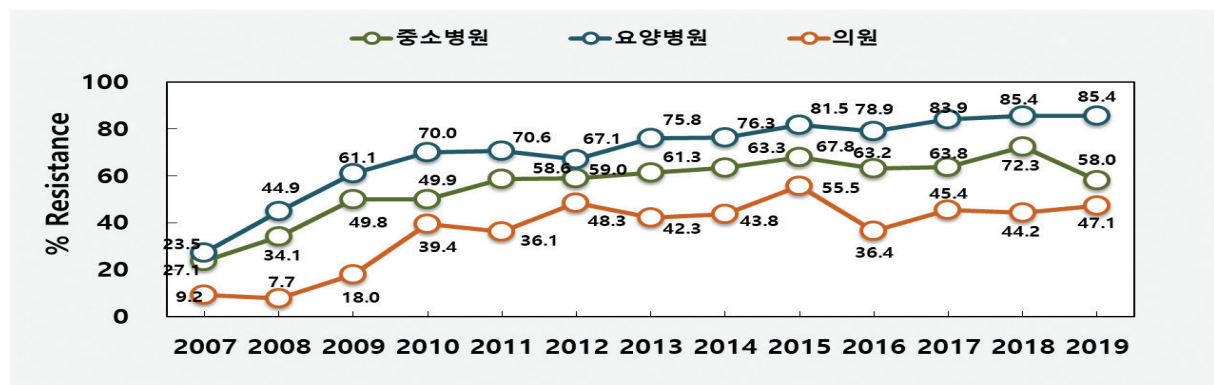


Figure 2-43 Trends of meropenem resistance for *A. baumannii* by hospital type

MRAB Carbapenem계 (imipenem 또는 meropenem), aminoglycoside계 (amikacin 또는 gentamicin 또는 tobramycin), fluoroquinolone계 (ciprofloxacin 또는 levofloxacin) 등 세 계열의 항균제에 모두 내성을 나타내는 *A. baumannii*는 2007년 7.4-24.0%이었고, 2019년에는 요양병원 90.4%, 병원 65%, 의원 54.5% 순이었다(Figure 2-44).

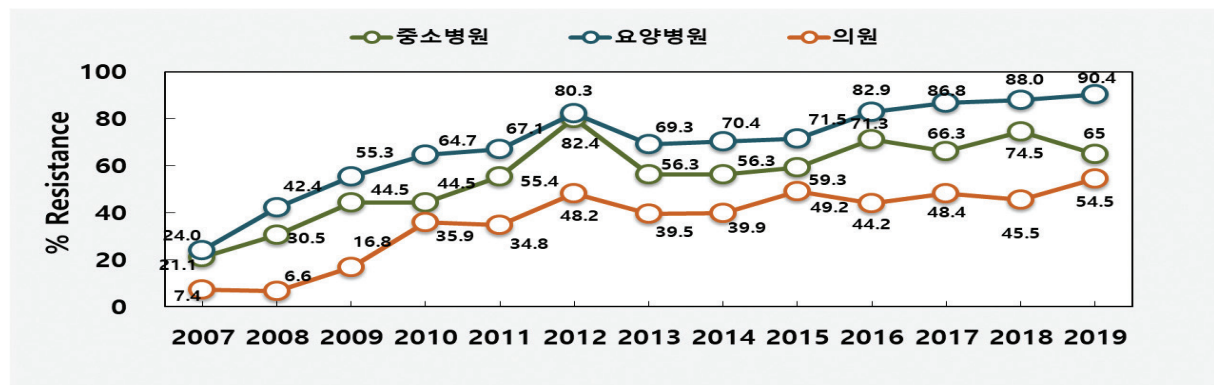


Figure 2-44 Trends of MRAB by hospital type

III

주요
법정감염병
원인균

III 주요 법정감염병 원인균

3.1. 국내 항균제 내성정보 조사결과: 장내세균

우리나라에서 설사환자들로부터 분리된 장내세균에서의 주요 항균제에 대한 내성은 병원체별로 차이를 보이기는 하나 낮은 수준에서 유지되었다. 그러나 1999년 세균성 이질의 대 유행기에 ESBL을 생산하는 *Shigella sonnei*가 처음 분리된 이후 2002년까지 20여주의 ESBL 생산 *S. sonnei*가 확인되었고, 2004년에는 CTX-M-14형 ESBL을 생산하는 *S. sonnei*에 의한 집단감염까지 발생하면서 지역사회에서의 항균제 내성감시의 중요성이 대두되었다. 2004년에 ESBL 생산주에 의한 집단환자 발생사례는 실험실 감시를 통해 질병관리본부의 효과적인 대처가 가능하였고 항균제 내성 모니터링의 중요성을 인식시켜준 사례라 할 수 있다. 최근 해외여행객에 의한 국내 유입 등 국내에서 분리된 일부 장내세균에서는 cefotaxime과 ciprofloxacin에 대한 내성률이 지속적으로 증가하고 있어 이에 대한 실험실 감시의 역할이 중요시 되고 있다.

3.1.1. 장티푸스균(*Salmonella Typhi*)

2019년 국내에서 분리된 *S. Typhi*는 nalidixic acid, ciprofloxacin, gentamycin, Trimethoprim/ Sulfamethoxazole 항균제에는 모두 감수성을 보였으나 2018년 다시 출현한 cefotaxime 내성균은 증가 추세가 확인되었다 (Table 3-1, Figure 3-1). Cefotaxime 내성이 확인된 *S. Typhi*는 대부분 *bla*_{CTX-M-15} 유형과 *bla*_{CTX-M-55} 유형의 ESBL을 생산하는 것으로 확인되었다.

Table 3-1 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. Typhi*

Antimicrobial agent (Total isolates)	2010 28	2011 15	2012 16	2013 45	2014 99	2015 43	2016 16	2017 21	2018 23	2019 11
Ampicillin	3.6	6.7	18.8	8.9	1	4.7	0	0	4.3	9.1
Gentamicin	0	0	12.5	0	0	0	0	0	0	0
Cefotaxime	0	0	6.2	0	0	0	0	0	4.3	9.1
Nalidixic acid	7.1	26.7	6.2	8.9	6.1	25.6	25	47.6	13.3	0
Ciprofloxacin	0	6.7	6.2	0	2	0	25	42.9	13.3	0
SXT*	3.6	6.7	0	0	0	0	31.3	0	4.3	0

* Trimethoprim/Sulfamethoxazole

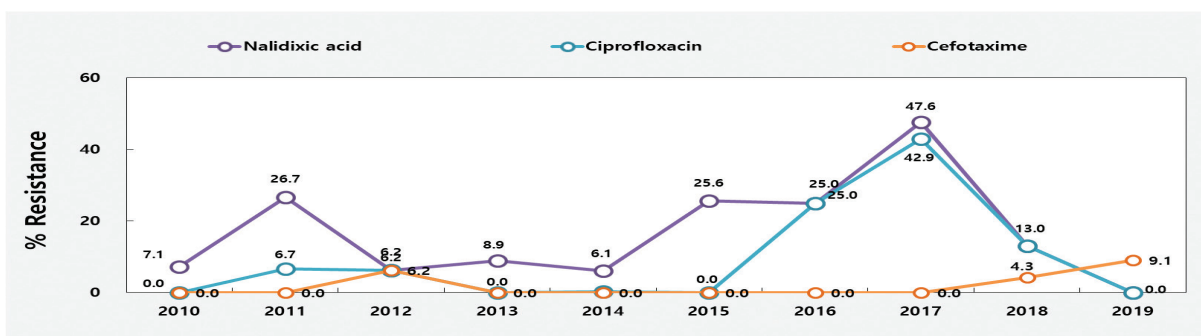


Figure 3-1 Trends of nalidixic acid and ciprofloxacin resistance for *Salmonella Typhi*; *S. Typhi* Strains were isolated from the national public health network of Korea

3.1.2. 비장티푸스성 살모넬라균(Non-typhoidal *Salmonella*)

비 장티푸스성 살모넬라균은 *Salmonella* Typhi와 *Salmonella* Paratyphi를 제외한 살모넬라 혈청형 균들로 2019년 대부분의 산업화 국가에서와 같이 우리나라에서도 전체 혈청형 중 *S. Typhimurium* 및 *S. I 4,[5],12:i:-*가 28.2%로 가장 많이 분리되고 다음으로 *S. Enteritidis*가 9.5%로 다음 순위로 분리되고 있다. 때문에 비 장티푸스성 살모넬라균의 항균제 내성양상은 이 혈청형의 내성에 의존된 현상을 보여 주고 있다. 비 장티푸스성 살모넬라균의 nalidixic acid 내성률은 2017년을 제외하고 2013년 이후 지속적으로 감소 추세에 있는 것으로 확인되었고 ciprofloxacin에 대한 내성률도 2018년 이후 감소 추세를 보였다 (Table 3-2, Figure 3-2). Cefotaxime은 전체 비 장티푸스성 살모넬라균에서는 3.1%로 내성률이 감소 되었으나 *S. Enteritidis* 17.2%, *S. Typhimurium* 14.0%로 높은 수준의 내성률을 유지되고 있는 것을 보였다 (Table 3-2, Figure 3-3). Cefotaxime 내성이 확인된 *S. Enteritidis*는 대부분 *bla*_{CTX-M-15} 유형의 ESBL (extended spectrum β lactamase)를 생산하는 것으로 확인되었으나 *S. Typhimurium*은 *bla*_{CTX-M-55}와 *bla*_{CTX-M-65} 유형의 ESBL이 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 확인되었다.

Table 3-2 Antimicrobial resistance rate (%) of non-typhoidal *Salmonella* isolates

Antimicrobial agent (Total isolates)	2010 573	2011 570	2012 372	2013 431	2014 632	2015 360	2016 331	2017 905	2018 440	2019 557
Ampicillin	41.5	31.4	57.8	34.2	19.6	30	32.9	32.4	12.5	33.9
Gentamicin	14.3	10.7	14.8	7.7	1.4	1.9	3.9	4.6	2.7	2.9
Cefotaxime	8.9	7.2	11.8	7	3.5	3.6	4.1	8.4	5.5	3.1
Nalidixic acid	75	40.2	47.3	15.1	7.8	9.7	8.2	10.4	10	9.7
Ciprofloxacin	1.7	0.7	0.8	1.6	2.1	1.7	8.2	10.4	4.5	2.5
SXT*	1.7	2.8	5.6	5.1	0	5.8	4.5	7.4	5.5	10.1

* Trimethoprim/Sulfamethoxazole

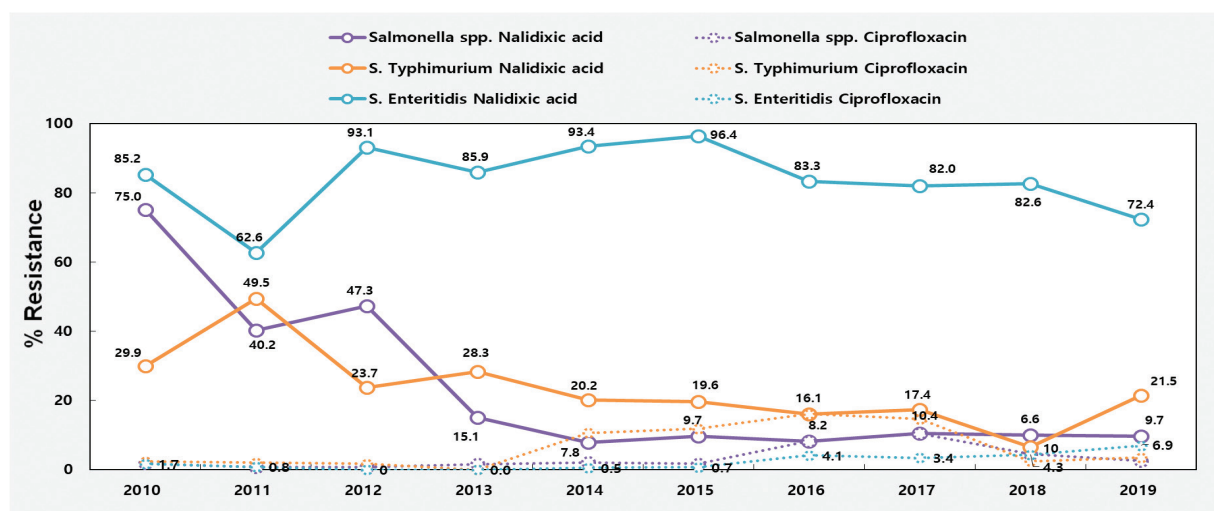


Figure 3-2 Trends of nalidixic acid and ciprofloxacin resistance for *Salmonella* spp. ; *Salmonella* spp. were isolated from the national public health network of Korea

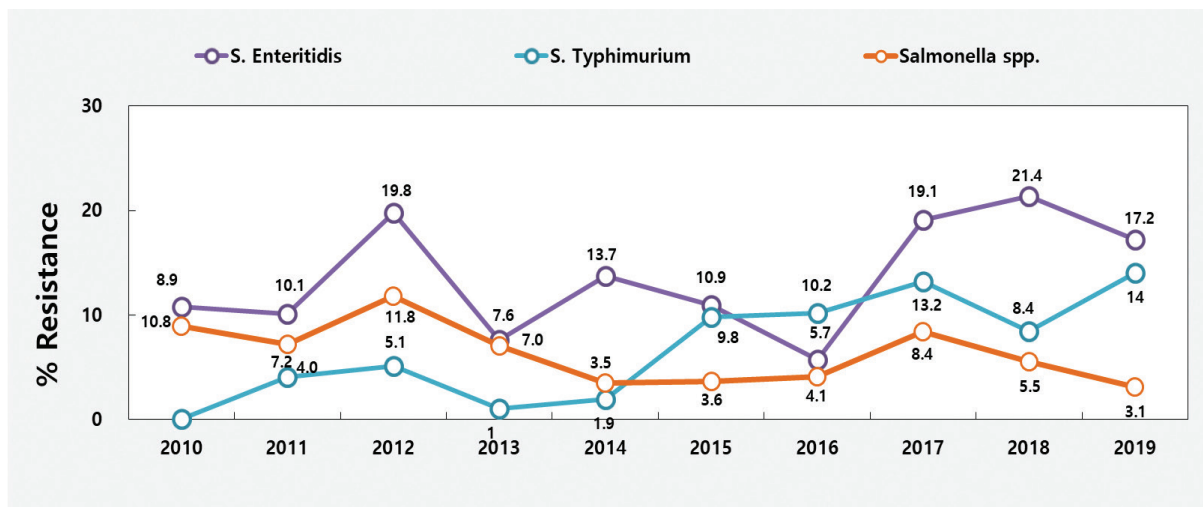


Figure 3-3 Trends of cefotaxime resistance for *Salmonella* spp.; *Salmonella* spp. were isolated from the national public health network of Korea

3.1.3. 세균성 이질균(*Shigella* spp.)

우리나라에서 분리되는 세균성 이질균은 대부분 *S. sonnei*와 *S. flexneri*균으로 1998년에서 2005년 사이에 대규모 유행 하였으나 2006년 이후 그 발생이 크게 감소되었다. 그러나 이 기간 이후 일부 항균제에 대해서는 높은 내성률을 나타냈다. *S. sonnei*의 경우 연도에 따라 차이를 보이긴 하지만 ampicillin에 대한 내성이 2006년까지 높게 유지되다가 2007년 이후 10.0%대의 낮은 내성률을 보였으나 1999년에 처음 확인된 cefotaxime 항균제에 대한 감수성 저하 또는 내성을 보이는 균주는 2004~2005년 CTX-M-14 producing *S. sonnei*로 인한 대규모 집단발생시기에 이르러 절정을 이루었다. 최근에는 *S. sonnei*와 *S. flexneri* 균 모두에서 cefotaxime 내성주가 꾸준히 확인되고 있으나 과거와 달리 대부분 *bla*_{CTX-M15} 유형의 ESBL을 생산이 확인되었다. 2012년 이후 cefotaxime에 대한 내성률은 10% 이하의 내성률로 감소 추세를 보이다가 2017년과 2018년 증가 추세로 전환되었으나 2019년에는 다시 큰 폭으로 감소되었고 ciprofloxacin 항균제도 11.4%로 대폭 감소된 것을 확인하였다 (Table 3-3, Figure 3-4).

Table 3-3 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. sonnei*

Antimicrobial agent (Total isolates)	2010 51	2011 26	2012 38	2013 59	2014 31	2015 27	2016 20	2017 14	2018 57	2019 44
Ampicillin	41.8	14.4	7.9	20.3	9.7	22.2	20	21.4	22.8	15.9
Gentamicin	7.7	26.9	2.6	11.9	12.9	0	5	14.3	8.8	0
Cefotaxime	15.4	23.9	5.3	5.1	9.7	7.4	5	21.4	22.8	9.1
Ciprofloxacin	0	24.3	47.4	47.5	58.1	44.4	40	0	28.1	11.4
SXT*	71.6	100	97.4	100	0	0	90	71.4	94.7	95.5
Chloramphenicol	3	3.6	7.9	0	3.2	3.7	5	0	7	4.5
Tetracycline	41.8	77.5	68.4	86.4	77.4	70.4	80	21.4	35.1	13.6

* Trimethoprim/Sulfamethoxazole

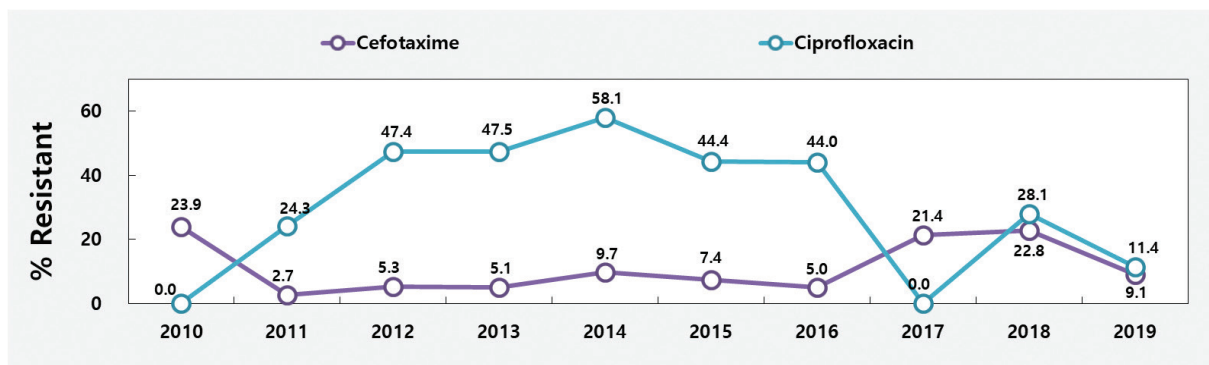


Figure 3-4 Trends of cefotaxime and ciprofloxacin resistance for *S. sonnei*; *S. sonnei* were isolated from the national public health network of Korea.

*S. flexneri*은 trimethoprim/sulfamethoxazole을 제외하고 대부분의 항균제에 대한 내성률이 전년도 대비 상승한 것으로 확인되었다. cefotaxime에 대한 내성은 2015년 11.1%로 큰 폭 상승되었으나 2016년 이후는 모두 감수성이었고 ciprofloxacin에 대한 내성은 감소와 증가를 반복하다가 2019년에는 37.5%로 전년 대비 증가한 것으로 확인되었다. 2019년 tetracycline 내성률은 62.5%로 2018년 일시적으로 감소되었으나 다시 높은 수준의 내성률을 기록하였으며 chloramphenicol 항균제도 62.5%로 다시 큰 폭으로 내성률이 증가한 것으로 확인되었다(Table 3-4, Figure 3-5).

Table 3-4 Antimicrobial resistance rates (%) of *S. flexneri*

Antimicrobial agent (Total isolates)	2010 78	2011 41	2012 21	2013 18	2014 10	2015 18	2016 8	2017 13	2018 5	2019 8
Ampicillin	94.9	95.1	90.5	94.4	60	61.1	75	69.2	60	62.5
Gentamicin	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	0
Cefotaxime	0	4.9	0	0	0	11.1	0	0	0	0
Ciprofloxacin	3.8	19.5	9.5	22.2	50	16.7	25	15.4	20	37.5
SXT*	96.2	100	95.2	100	0	0	75	76.9	100	50
Chloramphenicol	44.9	70.7	71.4	83.3	70	50	87.5	38.5	0	62.5
Tetracycline	94.9	92.7	85.7	94.4	80	100	100	69.2	20	62.5

* Trimethoprim/Sulfamethoxazole

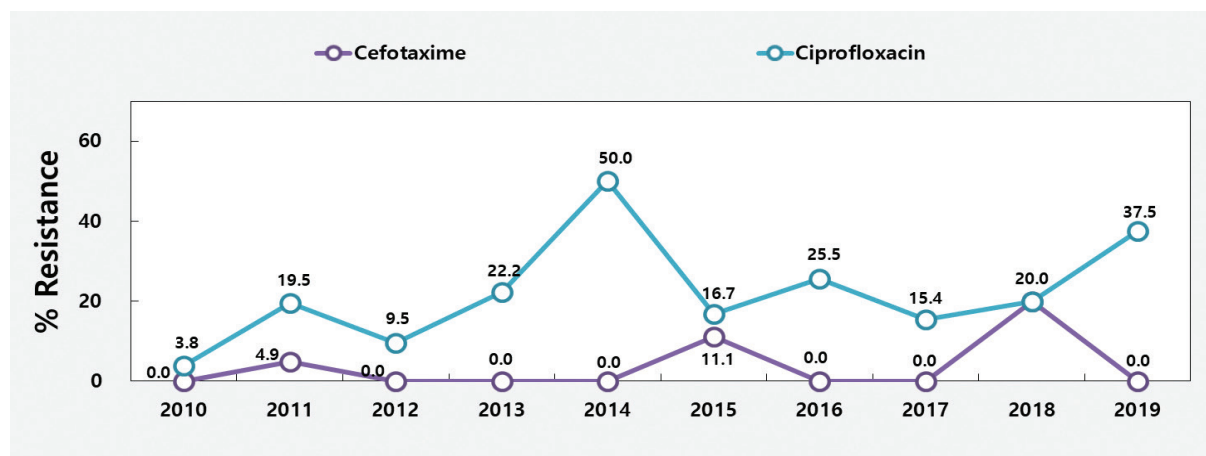


Figure 3-5 Trends of ciprofloxacin and cefotaxime resistance for *S. flexneri*; *S. flexneri* were isolated from the national public health network of Korea

3.1.4. 캄필로박터(*Campylobacter jejuni*)

국내 분리 캄필로박터 균주들에서 nalidixic acid와 ciprofloxacin에 대한 내성률은 매우 높은 수준으로 유지되었다. 그러나 ciprofloxacin은 2015년 77.5%로 큰 폭으로 감소한 이후 2016년에는 42.4%로 전체 내성률이 절반 이하 수준으로 감소되었으나 2017년 82.6%로 다시 증가세로 돌아선 후 2019년 83.3%로 유사 수준으로 내성률이 유지되었다. 2019년 분리주는 Microlide계 항균제인 azithromycin과 erythromycin에서 0.6% 내성률이 확인되었고 telithromycin 내성률이 16.0%로 높은 수준으로 증가된 것을 확인하였다(Table 3-5, Figure 3-6).

Table 3-5 Antimicrobial resistance rates (%) of *C. jejuni*

Antimicrobial agent (Total isolates)	2010 173	2011 93	2012 123	2013 92	2014 123	2015 120	2016 59	2017 69	2018 122	2019 156
Gentamicin	6.9	13	2.4	1.1	4.1	4.2	3.4	2.5	1.4	1.3
Nalidixic acid	94.8	91.3	100	93.5	91.9	85.8	91.5	85.5	88.5	84
Ciprofloxacin	94.8	83.7	95.1	91.3	89.4	77.5	42.4	82.6	88.5	83.3
Telithromycin	6.9	12	0.8	3.3	5.8	5.8	3.4	1.4	0.8	16
Azithromycin	2.9	17.4	0	0	4.1	10	0	0	0.8	0.6
Erythromycin	3.5	15.2	0	0	3.2	6.7	0	0	0.8	0.6
Chloramphenicol	1.7	5.4	2.4	0	0.8	0.8	1.7	0	0	0
Tetracycline	86.7	66.3	73.2	62	62.6	31.7	42.4	14.5	25.4	21.2

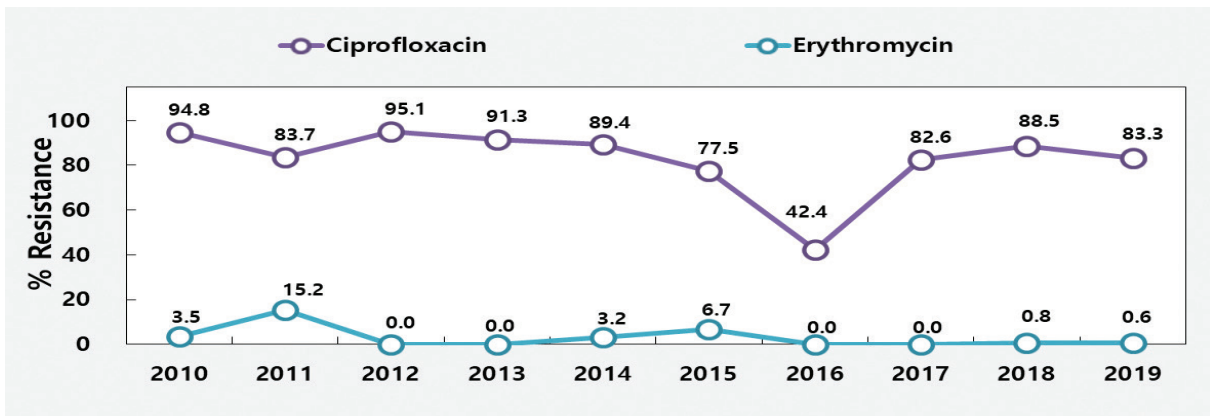


Figure 3-6 Trends of ciprofloxacin and erythromycin resistance for *C. jejuni*; *C. jejuni* were isolated from the national public health network of Korea

3.2. 국내 항균제 내성정보 조사결과: 실험실 전수감시

3.2.1. 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)

질병관리본부에서는 반코마이신 내성 균주를 조기발견하고 내성 확산을 방지하기 위해, 2001년부터 반코마이신 내성 황색포도알균(*Vancomycin-resistant staphylococcus aureus*, VRSA) 실험실 표본감시를 실시하고 있다. VRSA는 2008년에 지정감염병으로 지정고시(2008. 8. 25.)되었으며, 2010년에는 의료관련감염증 표본감시대상균(2010. 12. 30.)으로 지정되었다. 이후 2017. 06. 03. 표본감시에서 전수감시로 전환되었다. 2019년 시도보건환경연구원 및 질병관리청으로 의뢰된 13주 중 6주가 반코마이신 중등도 내성 황색포도알균(*Vancomycin intermediate staphylococcus aureus*, VISA)로 확인되었고, VRSA 는 검출되지 않았다. 확인진단 의뢰된 균주는 반코마이신 항균제에 대해 액체배지 미량희석법(Broth microdilution method)을 이용하여 최소억제농도 (Minimal Inhibitory Concentration, MIC)를 측정 후 VISA 로 최종 확인하였다.

Table 3-7. Identified number of VISA isolates from surveillance program in Korea (2005-2019)

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
No. of VISA	0	0	1	6	15	7	16	20	2	7	35	38	3	7	6
Surveillance period	8 weeks				12 weeks					Year-round (From 1 July)		Year-round			

3.2.2. 카바페넴 내성 장내세균(CRE)

장내세균속균(*Enterobacteriaceae*)은 장내 상재균으로서 지역사회 또는 의료관련 폐렴, 요로감염, 균혈증, 복막염의 주요 원인이 되고 있다. 주요 치료 항균제는 β -lactam, aminoglycoside, fluoroquinolone 계 항균제로 대부분 잘 치료가 되었지만 1980년대 중반부터 ESBL 등의 β -lactamase 생산균의 증가 등에 의해 내성률이 꾸준히 증가하고 있다. 카바페넴계 항균제는 이러한 ESBL 생산균 치료에 매우 효과적이어서 사용이 증가하게 되었다. Carbapenem사용이 증가함에 따라 carbapenem 내성균이 출현하여 증가하고 있다. 10여년전부터는 carbapenem을 분해하는 carbapenemase를 생산하는 균종이 출현하였고 전 세계적으로 점차 확산되는 경향을 나타내고 있다. 지금까지 보고된 carbapenemase는 *klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC), new Delhi metallo- β -lactamase (NDM), verona integron-encoded metallo- β -lactamase (VIM), Imipenemase (IMP), OXA-48 등이다.

NDM-1, KPC-2 등의 carbapenemase를 생산하는 장내세균속균종의 전 세계적인 확산 및 발생증가와 함께 우리나라에서도 카바페넴분해효소 생산 장내세균속균(Carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*, CPE) 이 지속적으로 확인됨에 따라 감시를 강화할 필요성이 증가하였다.

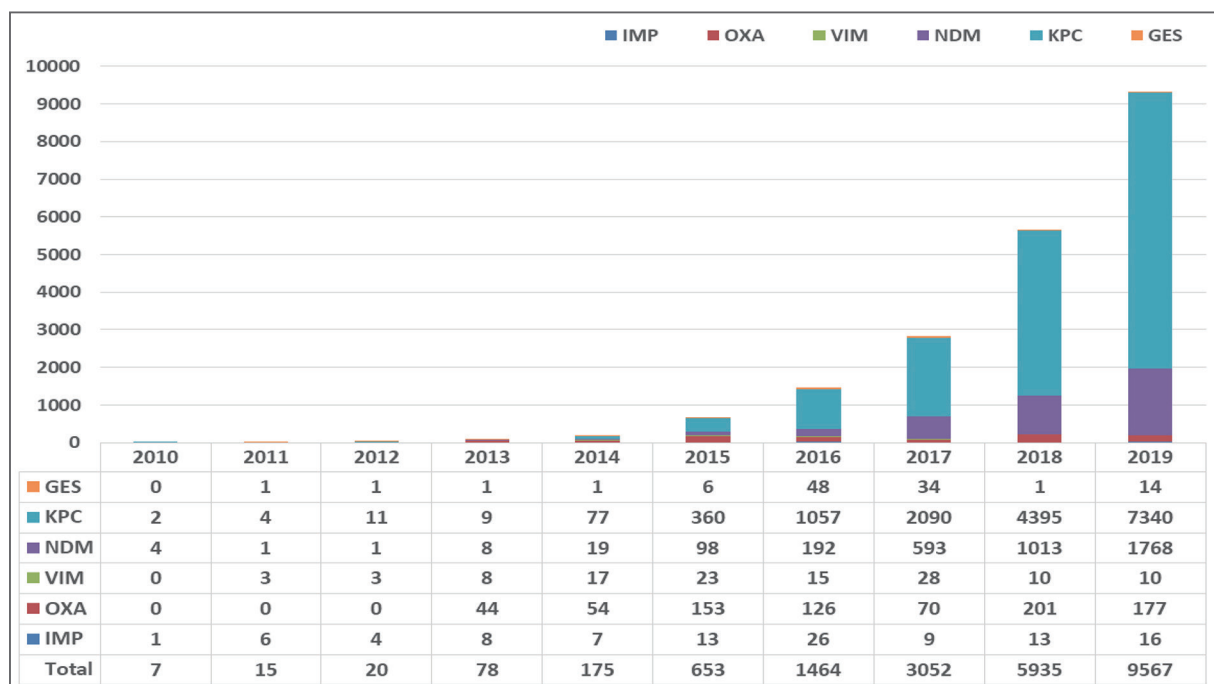


Figure 3-12 Distribution of carbapenemase genes isolated from *Enterobacteriaceae* in Korea (All report sources were included, duplicate type included). Since the launch of CPE confirmation system, CPE isolates have been increased. A total of 9,567 CPE isolates were reported in 2019

2019년 전국에서 의뢰된 총 균수는 상승하여 11,805 건의 CRE로 확인되었으며 CPE분석만 의뢰된 건을 포함하여 총 9,567건의 CPE로 확인되었다(Figure 3-12). CPE 유전자형은 국내에서는 주로 KPC 타입이 가장 많이 발견되며 이웃나라 일본에서는 IMP 유전자형이 가장 많이 발견된다. CPE 유전자형은 KPC 유형이 7,340건으로 가장 많았으며 KPC-2가 7204건으로 전체 CPE중 75.3%나 차지했다. OXA에서는 OXA-181이 116주, OXA-232 11주로 나타났다. NDM-10이 1212주, NDM-5가 515주로 포함한 NDM 단독유형이 1768주, VIM 유형이 10주, IMP

유형이 16주, GES 유형이 14주로 확인되었다. 2019년에는 NDM-5/OXA-181를 보유한 135주 포함하여 두가지 이상 유전자형을 보유한 균주가 242주로 확인되었다. CRE로 확인된 균종은 *K. pneumoniae*, *E. coli*, *E. cloacae* 순으로 분리되었으며 *K. pneumoniae*가 5,905주(63.1%)로 가장 많은 비율을 차지하였다. CRE에서 imipenem, meropenem, doripenem의 MIC 범위는 $\leq 0.5 \sim > 32 \mu\text{g/mL}$ 로 MIC₅₀값은 각각 $8 \mu\text{g/mL}$, $8 \mu\text{g/mL}$, $4 \mu\text{g/mL}$ 이었다. Ertapenem의 MIC 범위는 $\leq 0.25 \sim > 32 \mu\text{g/mL}$ 에서 확인하였으며 MIC₅₀값은 $8 \mu\text{g/mL}$ 로 나타났다.

자료제공

자료 제공 : Kor-GLASS

1. 자료 출처

의료기관구분

의료기관 종별은 의료법과 건강보험심사평가원 종별 분류번호에 따라 분류하였고 내성정보를 수집한 대상기관은 종합병원은 100병상 이상, 중소병원은 30병상 이상 100병상 미만, 의원은 30병상 미만의 의료기관으로 구성되었다.

종합병원

- 조사 대상 전국 8개 권역 종합병원에서 분리된 12종 병원체
- 조사 기간 2019. 1. 1. – 2019. 12. 31.
- 조사 방법 각 기관에서 자동화장비(MALDI-TOF)를 기본으로 동정, 일부 균종은 자동화장비 VITEK II 또는 MicroScan으로 확인하였다. CLSI 또는 EUCAST guideline에 따른 디스크 확산법을 이용한 항균제감수성검사를 시행하여 내성률을 산출하였다. 일부 균종별 항균제의 경우 액체배지미량희석법 또는 한천희석법을 이용하여 내성률을 산출하였다.

요양병원

- 조사 대상 전국 8개 권역 요양병원에서 분리된 11종 병원체
- 조사 기간 2019. 1. 1. – 2019. 12. 31.
- 조사 방법 각 기관에서 자동화장비(MALDI-TOF)를 기본으로 동정, 일부 균종은 자동화장비 VITEK II 또는 MicroScan으로 확인하였다. CLSI 또는 EUCAST guideline에 따른 디스크 확산법을 이용한 항균제감수성검사를 시행하여 내성률을 산출하였다. 일부 균종별 항균제의 경우 액체배지미량희석법 또는 한천희석법을 이용하여 내성률을 산출하였다.

자료 제공 : KARMS

중소병원/요양병원/의원

- 조사 대상 전국 병원, 요양병원 및 의원에 내원한 환자의 임상검체에서 분리된 주요 내성균
- 조사 기간 2007-2019년
- 수행 기관 정보 제공: 녹십자의료재단, 삼광의료재단, 서울의과학연구소, 씨젠의료재단, 이원의료재단
- 조사 방법 각 임상검사센터에서 자동화장비 {VITEK II (bioMerieux, France) 또는 MicroScan (Siemens, USA)}를 이용한 항균제감수성검사를 시행하여 2007-2009년은 2개, 2010년부터 5개 임상검사센터에서 항균제감수성검사 결과 (R/I/S) 및 MIC값을 수집하였다. 3개월 내 중복을 제거하였고, 내성률은 감수성결과 (R/I/S)와 MIC값 각각을 분석하여 산출하였다 (내성률 산출방식 참조).

장내세균

- 조사 대상 급성설사질환 실험실 감시망 및 공중보건망을 통해 수집된 균주
- 조사 기간 1999-2019년
- 조사 방법 질병관리청 세균분석과와 각 시도보건환경연구원에서 디스크 확산법, 자동화장비 (VITEK II (BioMerieux, France), 액체 배지 희석법 시험용 장비 (Sensititre Trek Diagnostics, USA)를 이용한 항균제감수성검사를 시행하고 CLSI guideline에 따라 내성률을 산출하였다

반코마이신내성 황색포도알균

- 조사 대상 의료관련감염병 표본감시 대상기관과 참여 희망 의료기관(2017년 이전) 및 전국 시도보건환경연구원에서 수집한 균주(2019년)
- 조사 기간 2000-2019년
- 조사 방법 표본감시 참여병원에서 선별된 균주를 감시기간동안 자동화장비 또는 선별배지 (반코마이신 4 μ g/mL이 포함된 Brain Heart Infusion 한천배지)에 접종 후, 배양하여 양성으로 확인되면 세균분석과에 송부하도록 요청. 시험 의뢰된 균주를 대상으로 분석하였다. 2017년부터는 민원의뢰된 균주 대상으로 분석하였다.

카바페넴내성 장내세균속균종

- 조사 대상 표본감시기관으로 지정된 100개 의료기관을 포함한 전국의 중·소형병원(2017년 이전) 및 전국 시·도보건환경연구원에서 수집한 균주(2019년)
- 조사 기간 2010-2019년
- 조사 방법 의료기관에서 의뢰한 CRE 확인진단에서 carbapenem계 항균제 감수성 검사를 실시하였다. CRE 확인을 위해서는 IMP, NDM, KPC, VIM, OXA-48, GES 유전자를 PCR 증폭 후 염기서열분석을 통해 유전자형을 확인하였다. 2017년부터는 민원의뢰된 균주 대상으로 분석하였다.

의료기관구분

의료기관 종별은 의료법과 건강보험심사평가원 종별 분류번호에 따라 분류하였고 내성정보를 수집한 대상기관은 종합병원은 100병상 이상, 중소병원은 30병상 이상 100병상 미만, 의원은 30병상 미만의 의료기관으로 구성되었다.

2019 국가 항균제 내성균 조사 연보

(National Antimicrobial Resistance Surveillance in Korea, 2019)

인 쇄 : 2020년 12월 30일

발 행 : 2020년 12월 30일

발 행 처 : 질병관리청 국립보건연구원

편 집 처 : 질병관리청 국립보건연구원 국립감염병연구소 약제내성연구과
질병관리청 의료안전예방국 항생제내성관리과
질병관리청 감염병진단분석국 세균분석과

편 집 인 : (Kor-GLASS) 유정식, 배송미, 김정옥, 이성영
(KARMS) 황규잠, 김준영, 주성제

주 소 : 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명 2로 187

참고 사항 : 약제내성과는 질병관리청 국립보건연구원 국립감염병연구소 약제내성연구과로,
세균분석과는 질병관리청 감염병진단분석국 세균분석과로 소속 및 명칭이 변경되었습니다.