

발 간 등 록 번 호

11-1790387-000500-10

2021

국가 항균제 내성균 조사 연보

NATIONAL ANTIMICROBIAL
RESISTANCE SURVEILLANCE IN KOREA
2020 ANNUAL REPORT



질병관리청

머 리 말

인류 첫 항균제인 페니실린이 1928년 처음 발견된 이래로 많은 수의 항균제들을 개발해 왔지만, 어떠한 강력한 항균제로도 치료가 어려운 다제내성균(multidrug-resistant bacteria)이 출현하게 되는데 채 100년이 걸리지 않았습니다. 오늘날 항균제 내성은 곧 다가올 ‘조용한 팬데믹(Silent pandemic)’으로 여길 만큼 중요한 보건 문제이며, WHO는 인류의 생존을 위협하는 10가지 보건 위협 중 하나로 경고하고 코로나19 종식 이후 더 큰 문제가 될 것이라 전망하고 있습니다.

인류가 당면한 보건 위협인 항균제 내성에 대응하고자 2015년 5월 제68차 세계보건총회를 통해 **항균제 내성 글로벌 행동계획(Global Action Plan on Antimicrobial Resistance)**을 채택하고, 글로벌 행동계획 내 세부 전략인 “글로벌 감시 및 연구 확대를 통한 증거 기반 강화”에 따라 국제적으로 표준화된 항균제 내성 자료의 수집, 분석 및 공유를 통해 국가 간 비교 가능한 내성 정보 산출을 목표로 **국제 항균제 내성 감시체계(Global Antimicrobial Resistance Surveillance System, GLASS)**를 구축하였습니다.

국내에서는 질병관리본부(現 질병관리청)가 2016년 5월에 항균제 내성균 감시체계인 『**국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS)**』를 구축하여 현재까지 지속 운영하고 있습니다. 2021년 기준 전국 9개 권역 종합/요양병원으로 구성된 수집센터를 통해 지정 검체로부터 주요 병원균(종합병원은 13종, 요양병원은 12종)을 전수 수집하였고, 각 군종별 분석센터에서 표준화된 시험법으로 검사하여 결과를 산출하였습니다. 검사 절차는 외부시험관리센터에 의해 정기적인 결과 검증을 거쳐 항균제 감수성 검사의 신뢰도를 확보하고 있습니다.

또한, 전국의 중소병원 이하 의료기관에서의 항균제 내성 현황을 파악하기 위해 『**국가 항균제 내성정보 모니터링(Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System, KARMS)**』를 2002년부터 운영하고 있습니다. KARMS는 전국 중소·요양병원, 의원을 대상으로 지난 1년간 분리된 주요 균종의 항균제 내성 정보 결과를 수집하여 분석하고 있으며, 법정감염병인 장내세균, VRSA 및 CRE에 대한 항균제 내성 경향을 분석하고 있습니다.

질병관리청은 2021년 동안의 Kor-GLASS, KARMS, 주요 법정감염병 원인균의 항균제 내성 결과를 담아 『**2021년 국가 항균제 내성균 조사 연보**』를 발간하게 되었습니다. 동 연보가 항균제 내성균의 현황과 특성에 대한 이해를 돕고, 항균제 내성 관리 정책과 내성 극복 연구 등에 유용하게 활용 되기를 기대합니다.

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

2022. 11.

질병관리청장 백 경 란

목차

제1장. 2021 국가 항균제 내성균 조사

(Kor-GLASS ; Global Antimicrobial Resistance Surveillance System in Korea, 2021)

요약문	3
1. 서론	5
1. 1. 배 경	7
1. 2. 국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 운영	8
1. 2. 1. 운영 경과	8
1. 2. 2. 수집·분석센터 구성 및 운영 현황	10
1. 2. 3. 수집 대상 균종 및 분석	13
2. 국내 항균제 내성균 조사 결과(종합병원)	17
2. 1. 종합병원 배양 검사 의뢰 목록(sample statistics) 조사 결과	19
2. 1. 1. 혈액 배양 검사 건수	19
2. 1. 2. 혈액 배양 검사 건수 대비 양성률	20
2. 1. 3. 요 배양 검사 건수	21
2. 1. 4. 요 분리 건수 대비 양성률	22
2. 1. 5. 대변 배양 검사 건수	23
2. 1. 6. 대변 분리 건수 대비 양성률	24
2. 1. 7. 비뇨생식기 검체 배양 검사 건수	25
2. 2. 종합병원 수집 균주 현황	26
2. 2. 1. 월별 분리 건수	27
2. 2. 2. 성별에 따른 분리 건수	28
2. 2. 3. 감염구분별(CO vs HO) 분리 건수	29
2. 3. 종합병원 수집 균종별 항균제 내성 현황	30
2. 3. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	30
2. 3. 2. 장알균(<i>Enterococcus faecalis</i>)	32
2. 3. 3. 장알균(<i>Enterococcus faecium</i>)	34
2. 3. 4. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	35
2. 3. 5. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	36
2. 3. 6. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	39
2. 3. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	43
2. 3. 8. 아시네토박터균속(<i>Acinetobacter</i> spp.)	44

2. 3. 9. 살모넬라균속(<i>Salmonella</i> spp.)	47
2. 3. 10. 세균성이질균속(<i>Shigella</i> spp.)	49
2. 3. 11. 임균(<i>Neisseria gonorrhoeae</i>)	49
2. 3. 12. 클로스트리디오이데스 디피실균(<i>Clostridioides difficile</i>)	50
2. 3. 13. 칸디다균속(<i>Candida</i> spp.)	51
2. 4. 주요 내성균의 분리 빈도	53
3. 국내 조사 결과(요양병원)	55
3. 1. 요양병원 수집 균주 현황	57
3. 2. 요양병원 수집 균종별 항균제 내성 현황	58
3. 2. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	58
3. 2. 2. 장알균(<i>Enterococcus faecalis</i>)	59
3. 2. 3. 장알균(<i>Enterococcus faecium</i>)	59
3. 3. 4. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	59
3. 2. 5. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	60
3. 2. 6. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	62
3. 2. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	64
3. 2. 8. 아시네토박터균속(<i>Acinetobacter</i> spp.)	65
3. 2. 9. 살모넬라균속(<i>Salmonella</i> spp.)	66
3. 2. 10. 세균성이질균속(<i>Shigella</i> spp.)	66
3. 2. 11. 임균(<i>Neisseria gonorrhoeae</i>)	66
3. 2. 12. 칸디다균속(<i>Candida</i> spp.)	66
4. 주요 항균제 내성균의 내성률 비교	67
5. 시범운영(임균의 항균제 내성조사)	71
5. 1. 항균제 내성 임균(<i>Neisseria gonorrhoeae</i>)	73
5. 1. 1. 수집 체계 구축	73
5. 1. 2. 항균제 내성률	74

목차

제2장. 2021 국가 항균제 내성정보 모니터링

(KARMS ; Korean Antimicrobial Resistance Monitoring System, 2021)

요약문	77
1. 서론	79
1. 1. 배 경	81
1. 2. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구축	82
1. 3. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구성 및 운영	83
2. 병원 내 감염의 주요 원인균	85
2. 1. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 중소병원	87
2. 1. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	87
2. 1. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	88
2. 1. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	90
2. 1. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	91
2. 1. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	92
2. 1. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	93
2. 1. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	94
2. 1. 8. 아시네토박터균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	95
2. 2. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 요양병원	96
2. 2. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	96
2. 2. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	97
2. 2. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	99
2. 2. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	100
2. 2. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	101
2. 2. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	102
2. 2. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	103
2. 2. 8. 아시네토박터균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	104

2. 3. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 의원	105
2. 3. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	105
2. 3. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	106
2. 3. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	108
2. 3. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	109
2. 3. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	110
2. 3. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	111
2. 3. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	112
2. 3. 8. 아시네토박터균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	113
2. 4. 주요 항균제 내성 비교	114
2. 4. 1. 황색포도알균(<i>Staphylococcus aureus</i>)	114
2. 4. 2. 장알균(<i>Enterococcus</i> spp.)	115
2. 4. 3. 폐렴사슬알균(<i>Streptococcus pneumoniae</i>)	118
2. 4. 4. 대장균(<i>Escherichia coli</i>)	119
2. 4. 5. 폐렴막대균(<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	121
2. 4. 6. 엔테로박터균(<i>Enterobacter cloacae</i>)	123
2. 4. 7. 녹농균(<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	125
2. 4. 8. 아시네토박터균(<i>Acinetobacter baumannii</i>)	127
3. 주요 법정감염병 원인균	129
3. 1. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 장내세균	131
3. 1. 1. 장티푸스균(<i>Salmonella Typhi</i>)	132
3. 1. 2. 비장티푸스성 살모넬라균 (Non-typhoidal <i>Salmonella</i>)	133
3. 1. 3. 세균성 이질균(<i>Shigella</i> spp.)	135
3. 1. 4. 캄필로박터(<i>Campylobacter jejuni</i>)	137
3. 2. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 실험실 전수감시	138
3. 2. 1. 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)	138
3. 2. 2. 카바페넴 내성 장내세균(CRE)	139
자료제공	141

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>	클로스트리디오히데스 디피실균	<i>Clostridioides difficile</i>	CDF	
<i>E. cloacae</i>	엔테로박터균	<i>Enterobacter cloacae</i>	ECL	
<i>C. jejuni</i>	캠필로박터제주니균	<i>Campylobacter jejuni</i>	CAI	
<i>S. Typhi</i>	장티푸스균	<i>Salmonella</i> Typhi	SAT	
VRSA	반코마이신내성황색포도알균	Vancomycin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i>	VRSA	
CRE	카바페넴내성장내세균목	Carbapenem-resistant Enterobacterales	CRE	
Non-typhoidal <i>Salmonella</i>	비장티푸스 살모넬라균	-	-	<i>S. Typhi</i> , <i>S. Paratyphi</i> 제외한 살모넬라균
<i>Candida</i> spp.	칸디다균속	<i>Candida</i> spp.	CAN	

AMC	Amoxicillin-clavulanate
AMK	Amikacin
AMR	Antimicrobial resistance
CBP	Clinical breakpoint
CLSI	Clinical and Laboratory Standards Institute
CO	Community origin
CPE	Carbapenemase-producing Enterobacterales
CPM	Capreomycin
CRE	Carbapenem-resistant Enterobacterales
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	Multidrug resistance
MIC	Minimal inhibitory concentration
MLST	Multilocus sequence typing

MRAB	Multidrug-resistant <i>Acinetobacter baumannii</i>
MRPA	Multidrug-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-1
NFP	National focal point
NG-MAST	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> multi antigen sequence typing
NRL	National reference laboratory
OFX	Ofloxacin
PAS	Para-aminosalicylic acid
PBP2a	Penicillin-binding protein 2a
PCR	Polymerase chain reaction
PDR	Pandrug 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
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-resistant <i>Enterococcus faecium</i>
VRSA	Vancomycin-resistant <i>Staphylococcus aureus</i>
WHO	World Health Organization
XDR	Extensively drug resistance

제 1 장

Kor-GLASS

Global Antimicrobial Resistance
Surveillance System in Korea, 2021

2021 국가 항균제 내성균 조사

요약문

Kor-GLASS는 2015년 세계보건기구(WHO)에서 발표한 GLASS 매뉴얼에 기초한 국내 다제내성균 감시체계로, 2016년 6개 권역(서울, 경기 북부, 강원, 충북, 전남, 경남)의 6개 수집센터와 4개 분석센터(1개의 요양병원, 중소병원 분석센터 포함)로 시작하여, 2017년에 2개 권역(경기 남부, 제주)을 추가하여 8개 권역의 9개 수집센터와 4개 분석센터로 운영하였다. 2018년에는 감시대상 균종(1종) 추가와 더불어, 분석센터 1개를 추가하여 8개 권역의 9개 수집센터와 5개 분석센터로 확대하였다. 2020년부터 1개 권역(경북) 및 감시대상 균종(1종)을 추가하고, 분석센터의 전문성 강화를 위해 균종별 분석센터 2개를 추가하여 9개 권역의 10개 수집센터와 7개 분석센터로 확대 운영해 오고 있다.

수집대상 균종은 2016년 11개 균종을 시작으로, 2018년에는 미국 CDC에서 2015년 항균제 내성 위험도에 따라 시급한 위협(urgent threat)으로 제시한 균종 중 하나인 ‘클로스트리디오이데스 디피실균(*C. difficile*)’을 추가하여 12종, 2020년에는 2019년 4월경 세계보건기구(WHO)에서 감시대상 균종으로 제시한 ‘칸디다균속(*Candida* spp.)’을 추가하여 13종으로 점차 확대해왔다. 2021년 검체별 수집균종은 ①혈액 분리 균종 10종(*S. aureus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp. 및 *Candida* spp.), ②뇌척수액 분리 균종 1종(*S. pneumoniae*), ③요 분리 균종 2종(*E. coli*, *K. pneumoniae*), ④대변 분리 균종 3종(*Salmonella* spp., *Shigella* spp. 및 *C. difficile*), ⑤요도 및 자궁경부 면봉 분리 균종 1종(*N. gonorrhoeae*)이다.

2021년 1월부터 12월까지 Kor-GLASS 2021년 종합병원 수집 균주는 총 15,309주였으며, 혈액 분리주가 5,516주(36.0%), 요 분리주가 9,408주(61.5%), 대변 분리주가 384주(2.5%), 뇌척수액 분리주는 1주(0.01%)였다. 비뇨생식기(요도 및 자궁경부 면봉)에서 분리된 균주는 없었다. 혈액 분리주에서는 *E. coli*가 2,165주(39.2%)로 가장 많았으며, *K. pneumoniae*, *S. aureus* 순으로 분리되었다. 요 분리주 역시 *E. coli*가 7,901주(84.0%)로 가장 많았으며, *K. pneumoniae*는 1,507주(16.0%)였다.

Kor-GLASS 2021년도 종합병원 수집 균주 분석 결과, 주요 내성균 중 cefoxitin 내성 *S. aureus* (MRSA)는 45.2%로 2020년 대비 소폭 감소(2.2%p)하였다. 혈액 분리 cefotaxime 내성 *E. coli*는 36.6%로 전년 대비 소폭 감소, cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*는 27.6%로 증가하였으나, 전년과 유사한 수준을 유지하였다. Vancomycin 내성 *E. faecium*(VREFM)의 경우 2016년 29.9%에서 2019년 40.9%까지 지속 증가하는 추세를 보였으나, 2020년부터 감소하여 2021년 37.7%를 나타내었다. 또한 carbapenem 내성 *P. aeruginosa*는 꾸준히 증가하여 imipenem, meropenem에 대하여 각각 36.9%, 35.6%로 나타났다. Carbapenem 내성 *A. baumannii*도 87.9%로 여전히 높은 수준을 유지하였고, 그람음성세균 치료의 마지막 항균제라 불리는 colistin 내성률은 2020년 7.2%로 큰 폭으로 증가하였던 수치가 다시 예년 수준인 0.9%로 감소한 것을 확인하였다.

요양병원에서는 총 725주가 수집되었다. 그 중 혈액 분리주 118주(16.3%), 요 분리주 607주(83.7%)였으며, 대변 검체에서는 수집되지 않았다. 요양병원 수집 균주의 주요 항균제에 대한 내성률은 종합병원 분리 균주보다 크게 높은 수준을 보였다. 혈액 분리 cefotaxime 내성 *E. coli*는 68.3%로 전년 대비 소폭 감소하였으며, ceftazidime 내성 *S. aureus*는 94.4%, 혈액 분리 cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*는 62.5%로 전년 대비 증가하였다. Carbapenem 내성 *A. baumannii*는 100.0%, *P. aeruginosa*는 89.5%로 전년 대비 증가하였고, carbapenem 내성 *K. pneumoniae*는 수집되지 않았다.



서론

2021 국가 항균제 내성균 조사

1 서론

1. 1. 배경

20세기 초 항균제 개발로 세균 감염을 치료하면서 인간의 수명이 크게 향상된 반면, 항균제 사용에 따라 항균제 내성(Antimicrobial Resistance, AMR)을 보이는 세균도 함께 발견되었다. 항균제의 사용 증가와 오남용은 내성균의 출현과 확산을 가속화하였다. 2014년 영국의 O' Neill 등은 2050년에는 전세계에서 내성균의 감염으로 매년 약 1,000만명 이상이 사망할 것이며, 이는 전 세계 GDP 100조 달러의 손실을 유발할 것으로 예측하였다. 이를 계기로 국제사회는 항균제 내성이 인류의 생존과 지속 가능한 발전에 심각한 위협 요소임을 인지하고 글로벌 보건 분야의 최우선 과제로 선정하고 국제 공조를 통하여 내성균의 확산 방지를 위한 글로벌 행동 전략을 마련하고자 하였다.

제68차 세계보건총회(2015년)에서 항균제 내성 글로벌 행동계획이 채택된 후, 세계보건기구(WHO)는 국가별 항균제 내성균의 정확한 실태 파악이 필수적이라 판단하였다. 이미 여러 국가에서 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 전 세계 규모의 통합 감시체계의 필요성이 대두되었다.

이에 세계보건기구(WHO)는 표준화된 방법과 기준을 적용한 국제 항균제 내성 감시체계인 GLASS (Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System)를 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 감시체계 방식을 채택하고 있다.

WHO는 2015년부터 2019년까지를 초기 이행기간(Early Implementation Period)으로 설정하고, 효과적인 내성률 감시체계 설립을 위한 가이드라인 확립 및 지원을 시행해왔다. 2022년 기준 총 126개국이 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 2016 년 제 1 차 국가 항균제 내성 관리대책(2016-2020 년)을 발표하였으며, 그 일환으로 내성 감시체계 강화를 위해 2016 년 8 월에 WHO GLASS 에 정식으로 가입하였다. 당시 질병관리청(前 질병관리본부)은 WHO GLASS 와 호환이 가능하면서 WHO GLASS 의 미비점을 국내 실정에 맞게 보완·개선할 수 있는 한국형 GLASS 사업을 고안하였으며, 이 사업을 「국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS)」로 명명하였다.

1. 2. 1. 운영 경과

2016 년 5 월 처음 구축한 Kor-GLASS 는 종합병원과 요양·중소병원 2 가지 감시체계로 구성되었으며, 종합병원 감시체계는 2016 년 5 월부터, 요양·중소병원 감시체계는 2016 년 8 월부터 감시를 시작하였다. 총 6 개 권역(서울, 경기 북부, 강원, 충북, 전남, 경남)의 수집대상 권역은 국내 지역거점 종합병원으로 1 개 기관씩 선정하여 6 개 수집센터와 4 개의 분석센터(1 개의 요양병원 및 중소병원 분석센터 포함)를 운영하였다. 종합병원은 의료관련 감염병 표본감시병원 중 500~1,000 병상의 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. 감시 대상 병원체는 GLASS 감시 대상 병원체 8 종과 국내 법정감염병으로 지정된 병원체 3 종을 포함한 총 11 개 균종(*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Neisseria gonorrhoeae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Pseudomonas aeruginosa*)이었다. (표 1-1)

Kor-GLASS 1 기 사업(2017~2019)에서는 2 개 권역(경기 남부, 제주)을 추가하여 8 개 권역으로 확대하였으며, 8 개 권역의 종합병원, 요양병원 수집 네트워크를 통해 균주를 수집하였다. 2018 년에는 미국 CDC 에서 2015 년 항균제 내성 위험도에 따라 시급한 위협(urgent threat)으로 제시한 균종 중 하나인 ‘클로스트리디오테스 디피실균(*Clostridioides difficile*)’을 추가하면서 총 12 종의 균종을 감시하였다. 또한, 클로스트리디오테스 디피실균 분석센터를 추가해 총 5 개의 분석센터를 운영하고, 분석된 결과는 외부 시험관리센터(1 개)를 통해 질 관리를 받아 신뢰성 있는 항균제 내성 결과를 얻을 수 있었다.

현재 운영 중인 Kor-GLASS 2 기 사업(2020-2022)에서는 1 개의 권역(경북)을 추가한 9 개 권역의 종합병원(수집센터), 그와 역학적·지리적 연관성이 있는 요양병원을 선정하여 수집 네트워크를 강화하였다. 또한 균종별로 분석센터를 세분화하고, 국내·외 균종별 내성 현황, 동향을 분석하는 등 전문성을 강화하기 위해, 2 개의 분석센터를 추가하여 총 7 개의 분석센터를

운영하고, 1 개의 시험관리센터도 함께 운영되고 있다. 감시 대상 병원체는 기존 12 종의 균종에 2019 년 4 월경 세계보건기구(WHO)에서 주요 감시대상 균종으로 선정한 ‘칸디다균속 (*Candida* spp.)’ 을 추가해 총 13 종이다. (요양병원은 *C. difficile* 1 개 균종 제외로 12 종)

검체별 우선순위 병원체는 WHO GLASS 에서 제시한 방법에 따라 지정하였으며, 혈액, 소변, 대변, 요도 또는 자궁경부 도말 등에서 해당 병원체를 전수 조사(중복균주 제외)하고 있다. 전수조사로 수집된 모든 균종은 Kor-GLASS 운영매뉴얼에 따라 표준화된 방법으로 동정 및 항균제 감수성 시험과 내성 유전자 검사를 수행하고 있다. 시험 결과는 CLSI 또는 EUCAST 기준에 따라 판정되며, 모든 균종은 기본적으로 디스크 확산법을 사용하되 균종 및 항균제에 따라 액체배지미량희석법 및 한천배지희석법 등을 별도 수행하고 있다. 각 균종별 내성유전자 및 역학적 특성 검사는 PCR 과 sequencing 을 통해 확인하고 있다.

표 1-1. Kor-GLASS 운영 경과

구분		시범사업	1기 사업	2기 사업
연도		'16년	'17~'19년	'20~'22년
참여병원	종합병원	6개	8개 (경기남부, 제주 추가)	9개* (경북 추가)
	요양병원	종합병원 동일 권역 요양병원 40곳 내외		
수집 검체		혈액, 요, 대변, 뇌척수액, 요도·자궁경부		
수집 균종		11종	12종 (클로스트리디오이데스 디피실균 추가)	13종** (칸디다균 추가)

* 서울, 경기 북부, 경기 남부, 강원, 충북, 전남, 부산, 제주, 경북

** WHO GLASS 제출 대상 8종(대장균, 폐렴막대균, 아시네토박터균, 항색포도알균, 폐렴알균, 살모넬라균, 세균성이질균, 임균) 및 국내 자체수집 대상 5종(장알균 2종, 녹농균, 클로스트리디오이데스 디피실균, 칸디다균)

1. 2. 2. 수집·분석센터 구성 및 운영 현황

Kor-GLASS는 2016년 6개 권역을 대상으로 감시를 시작해서 2017~2019년에는 8개 권역으로 운영하였으며, 2020년부터는 9개 권역으로 확대하여 운영하고 있다. 총 18개의 센터로 10개의 수집센터, 7개의 분석센터 및 1개의 시험관리센터가 운영되고 있다. (그림 1-1, 1-2)

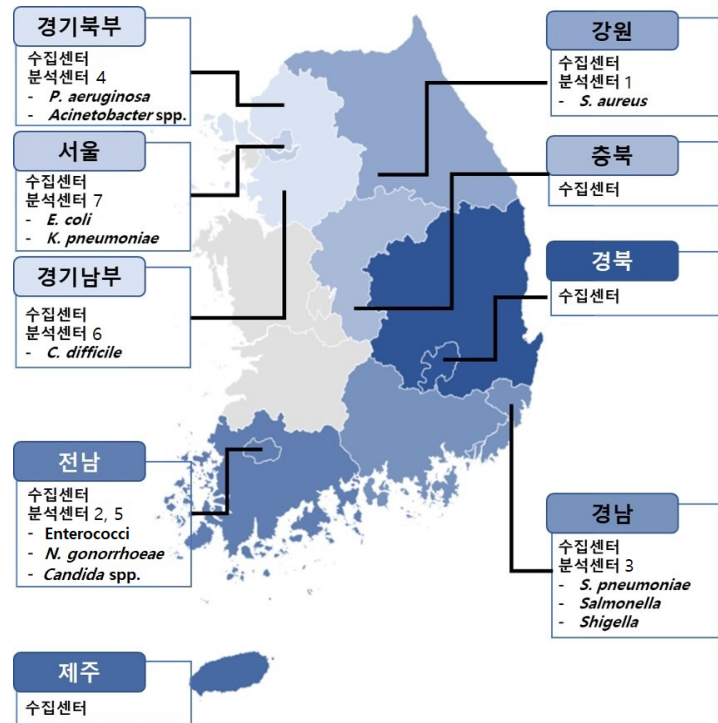


그림 1-1. 2021년 Kor-GLASS의 수집센터 및 분석센터 분포

Kor-GLASS는 WHO GLASS의 4가지 원칙을 기반으로 고안되었다. 먼저, ① 대표성(representativeness)을 위해, 종합병원은 국내 지역 거점 내 1개 기관을 선정하되, 의료관련 감염병 표본감시병원 중 500~1,000병상 규모의 병원으로 정하였으며, 권역별 종합병원을 기준으로 하여 지리적 연관성과 환자 이동 등을 감안한 50개 내외의 요양병원을 선정하였다. 충북 군주를 제외한 전수를 수집하고, 참여 기관 및 책임자와의 지속적인 협의를 진행하고 있다. ② 특화성(specialization)을 위해서는, 임상미생물 전공 진단검사의학 전문의가 근무하고 재단법인 진단검사의학재단에서 시행하는 우수검사실 신임인증 평가에서 ‘우수검사실’로 인증받은 곳을 선정하는 등 군주 수집 및 데이터의 정확성을 담보할 수 있도록 하였다. 또한, 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 하고, 모든 수집 군주는 저장하여 질병관리청 국가표준실험실(NRL)로 송부 하도록 하고, 군주 분석 결과는 정해진 양식에 맞춰 작성·제출토록 하는 등 ③ 중앙화(centralization) 하였다. 그리고 ④ 현지화(localization)를 위해, 국내 실정에 맞게 WHO GLASS의 권장 범위보다 확대하여 법정감염병으로 지정된 병원체와 관련 항균제 감수성 시험을 추가하였고, 주요 항균제 내성 기전 규명 및 분자역학적 분석을 위한 유전자 검사 항목도 균종 별로 추가하였다.

질병관리청 항균제내성관리과가 국가조정센터(National Coordinating Center, NCC)를, 국립보건연구원 약제내성연구과가 국가표준실험실(National Reference Laboratory, NRL)를 맡아 그 역할을 수행하고, 각 권역별 종합병원과 요양병원들이 감시기관(Surveillance Site, SS)으로 본 사업에 적극적으로 참여하고 있다. (그림 1-2)

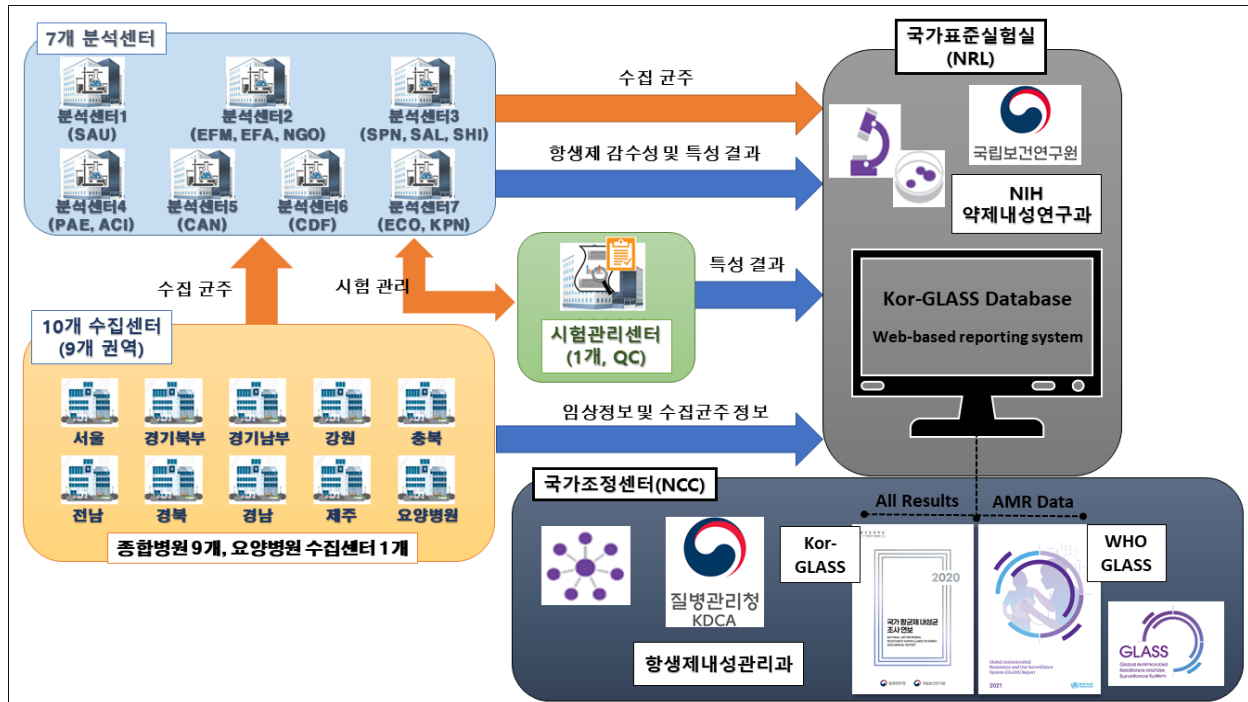


그림 1-2. Kor-GLASS 기본 시스템

Kor-GLASS 시험관리센터는 본 사업에 참여하고 있는 각 실험실의 동정 및 항균제 감수성 실험의 질을 평가하기 위한 것으로 수집 균주의 일정 부분을 재실험하여 그 결과를 비교하고, 특성 분석이 완료된 균주를 각 실험실에 보내어 실험 결과를 받아 평가하는 등 정기적인 시험관리 프로그램을 운영하고 있다. Kor-GLASS로 수집된 데이터의 표준화 및 신뢰성 확보를 위해 시험관리센터를 통해 매월 일부 수집 균주를 무작위로 선정하여 균종 및 시험법별 검사 결과로 분석센터 간 유효성 검증하는 내부시험관리(Interlaboratory Proficiency Testing, IPT)를 실시하고 있다. 또한, 참여하는 수집·분석센터를 대상으로 분기별로 외부시험관리(External Quality Assessment, EQA)를 수행하고 있으며, 모든 참여 실험실은 Kor-GLASS 시험관리센터에서 작성한 질 관리 보고서를 받으며, 이를 통해 각 실험실의 실험의 질을 평가하고, 실험 과정의 문제점을 확인하는데 이용한다. (그림 1-3)

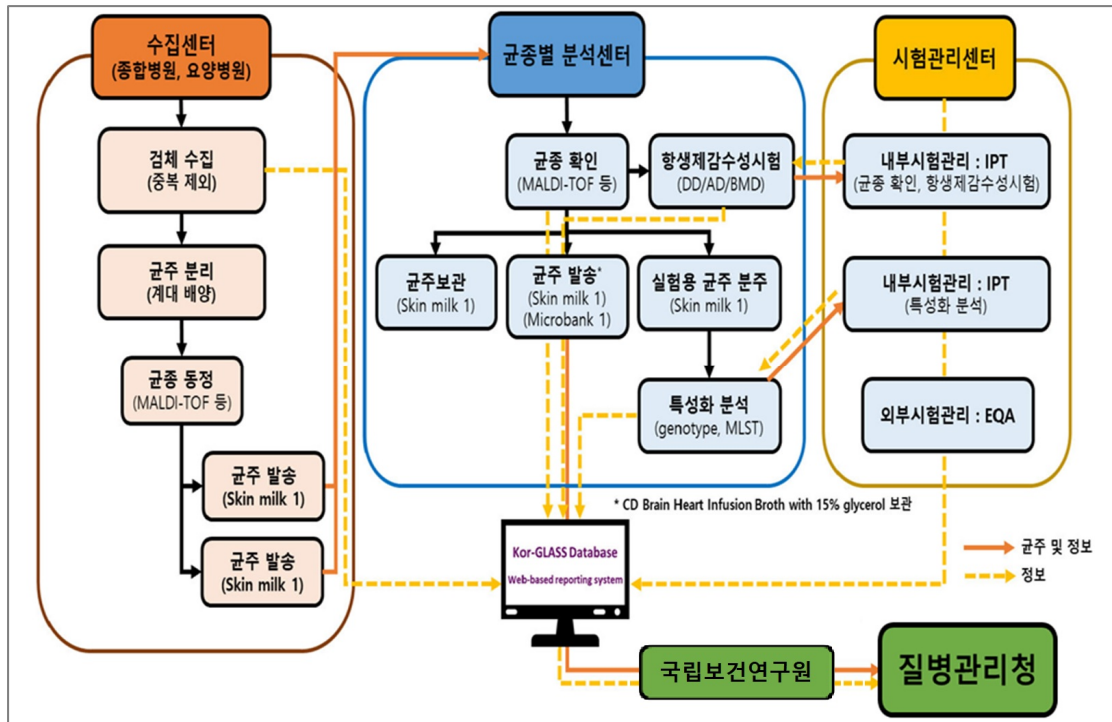


그림 1-3. Kor-GLASS 항균제 내성균 조사사업 운영 체계 및 수집/분석 절차도

Kor-GLASS의 임상정보 및 수집정보, 기본분석 및 추가분석 결과, 시험관리 결과는 질병관리청 질병보건통합관리시스템(<http://is.kdca.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 1-4)



그림 1-4. Kor-GLASS 데이터베이스 업무 프로세스

1. 2. 3. 수집 대상 균종 및 분석

2021 년 감시대상 병원체는 WHO GLASS 감시 대상 병원체 9 종과 추가 감시대상 병원체 4 종으로 총 13 종이며, 대부분이 국내 법정 감염병으로 지정된 병원체이다. 각각 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*), 장알균(*Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*), 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*), 대장균(*Escherichia coli*), 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*), 살모넬라균속(*Salmonella* spp.), 세균성이질균속(*Shigella* spp.), 아시네토박터균속(*Acinetobacter* spp.), 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*), 임균(*Neisseria gonorrhoeae*), 클로스트리디오테스 디피실균(*C. difficile*) 및 칸디다균속(*Candida* spp.) 이다. 종합병원은 위 13 종, 요양병원은 1 종(*C. difficile*)을 제외한 12 종 균종을 대상으로 조사사업을 진행하였다.

검체별로 보면, ① 혈액 분리 균종이 10종(*S. aureus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Acinetobacter* spp., *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp. 및 *Candida* spp.), ② 뇌척수액 분리 균종이 1종(*S. pneumoniae*), ③ 요 분리 균종이 2종(*E. coli*, *K. pneumoniae*), ④ 대변 분리 균종이 3종(*Salmonella* spp. 및 *Shigella* spp., *C. difficile*), ⑤ 요도 및 자궁경부 면봉 분리 균종이 1종(*N. gonorrhoeae*)이다. (표 1-2)

Kor-GLASS는 균주 수집기반의 감시체계로서 감시기관에서 분리되는 대상 균주 전수(반복 분리균주 제외)를 수집하며, 균주의 임상정보를 수집한다. (표 1-3) 또한, 균종별로 분석대상 항균제를 정하고, 표준화된 시험법으로 동정, 감수성 시험 및 유전자 시험 등 특성화 분석을 진행하고 있다. (표 1-4)

표 1-2. Kor-GLASS 검체별 대상 균종 및 감시대상 병원체 구분

검체	균종	검체	균종
혈액(Blood)	<i>S. aureus</i>	WHO GLASS 감시 대상(9 종)	<i>S. aureus</i>
	<i>E. faecalis</i>		<i>E. coli</i>
	<i>E. faecium</i>		<i>K. pneumoniae</i>
	<i>E. coli</i>		<i>A. baumannii</i>
	<i>K. pneumoniae</i>		<i>N. gonorrhoeae</i>
	<i>Acinetobacter</i> spp.		<i>S. pneumoniae</i>
	<i>P. aeruginosa</i>		<i>Salmonella</i> spp.
	<i>S. pneumoniae</i>		<i>Shigella</i> spp.
	<i>Salmonella</i> spp.		<i>Candida</i> spp.
	<i>Candida</i> spp.		
요(Urine)	<i>E. coli</i>	추가 감시(4 종)	<i>E. faecalis</i>
	<i>K. pneumoniae</i>		<i>E. faecium</i>
대변(Feces)	<i>Salmonella</i> spp.		<i>P. aeruginosa</i>
	<i>Shigella</i> spp.		<i>C. difficile</i>
	<i>C. difficile</i> (요양병원 제외)		
비뇨생식기(Genital)	<i>N. gonorrhoeae</i>		
뇌척수액(CSF)	<i>S. pneumoniae</i>		

표 1-3. 국내 항균제 내성균 조사체계 임상정보 수집 항목 및 세부지침

구분	종합병원 감시체계	요양병원 감시체계
수집기관	필수	필수
수집 연/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

균주 수집 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 환자의 다른 검체에서 동일한 균종이 분리된 경우 수집
 - iv) 요 분리주는 다음과 같은 조건에 따라 수집
 - 1) 1 개 균종 증식 : 1×10^4 CFU/mL 이상인 *E. coli* 와 *K. pneumoniae* 수집
 - 2) 2 개 균종 증식 : 1×10^5 CFU/mL 이상인 *E. coli* 와 *K. pneumoniae* 만 수집
 - 3) 3 개 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
 - v) 수집된 균주는 11 자리의 균주번호를 부여하며, 균주번호는 권역, 의료기관 코드, 연도, 균종기호, 일련번호로 구성된다.
 - 1) 권역 : 9 개 기관 (A - I)
 - 2) 의료기관 코드
 - 3) 연도 : 2 자리 숫자 (20)
 - 4) 균종기호 : *S. aureus* (SA), *E. faecalis* (EF), *E. faecium* (EM), *E. coli* (EC), *K. pneumoniae* (KP), *S. pneumoniae* (SP), *P. aeruginosa* (PA), *Acinetobacter* spp. (AB), *Salmonella* spp. (SL), *Shigella* spp. (SH), *N. gonorrhoeae* (NG), *C. difficile* (CD), *Candida* spp. (CA)
 - 5) 일련번호: 4 자리 숫자
- * (예시) A 권역 종합병원에서 2020 년도에 35 번째로 분리된 *S. aureus* : A0020SA0035

표 1-4. 균종별 분석대상 항균제 및 유전자

대상 균종	대상 항균제	대상 유전자
<i>Staphylococcus aureus</i>	Cefoxitin, erythromycin, clindamycin, quinupristin-dalfopristin(QDA), trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), chloramphenicol, ciprofloxacin, gentamicin, tetracycline, mupirocin, vancomycin , teicoplanin , linezolid , tigecycline	<i>mecA</i> , <i>mecC</i> , <i>SCCmec</i> , <i>pvl</i> , <i>tsst-1</i> , <i>eta</i> , <i>etb</i> , <i>agr</i> type, <i>spa</i> type
<i>Enterococcus faecalis</i>	Penicillin, ampicillin, High-level gentamicin, High-level streptomycin, ciprofloxacin, tetracycline, chloramphenicol, nitrofurantoin, vancomycin , teicoplanin , linezolid , tigecycline , daptomycin	<i>vanA</i> , <i>vanB</i>
<i>Enterococcus faecium</i>	Ampicillin, High-level gentamicin, High-level streptomycin, ciprofloxacin, tetracycline, quinupristin-dalfopristin(QDA), chloramphenicol, vancomycin , teicoplanin , linezolid , tigecycline , daptomycin	<i>vanA</i> , <i>vanB</i>
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Amoxicillin-clavulanate, azithromycin, cefaclor, cefepime, cefotaxime, ceftriaxone, cefuroxime, chloramphenicol, clindamycin, erythromycin, levofloxacin, meropenem, penicillin, tetracycline, trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), vancomycin , oxacillin	-
<i>Escherichia coli</i>	Ampicillin, piperacillin, ampicillin-sulbactam, cefazolin, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreonam, cefoxitin, imipenem , meropenem , ertapenem, amikacin, gentamicin, ciprofloxacin, trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), tigecycline, chloramphenicol, tetracycline, colistin	<i>bla</i> _{TEM} , <i>bla</i> _{SHV} , <i>bla</i> _{CTX-M} , <i>bla</i> _{CMY} , <i>bla</i> _{DHA} , <i>bla</i> _{ACC} , <i>bla</i> _{ACT-1} , <i>bla</i> _{FOX} , <i>bla</i> _{KPC} , <i>bla</i> _{GES} , <i>bla</i> _{NDM-1} , <i>bla</i> _{IMP-1} , <i>bla</i> _{VIM} , <i>bla</i> _{OXA-48} , <i>mcr-1</i> , <i>mcr-2</i>
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Piperacillin, ampicillin-sulbactam, cefazolin, cefotaxime, ceftazidime, cefepime, aztreonam, cefoxitin, imipenem , meropenem , ertapenem, amikacin, gentamicin, ciprofloxacin, trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT), tigecycline, chloramphenicol, tetracycline, colistin	<i>bla</i> _{TEM} , <i>bla</i> _{SHV} , <i>bla</i> _{CTX-M} , <i>bla</i> _{CMY} , <i>bla</i> _{DHA} , <i>bla</i> _{ACC} , <i>bla</i> _{ACT-1} , <i>bla</i> _{FOX} , <i>bla</i> _{KPC} , <i>bla</i> _{GES} , <i>bla</i> _{NDM-1} , <i>bla</i> _{IMP-1} , <i>bla</i> _{VIM} , <i>bla</i> _{OXA-48} , <i>mcr-1</i> , <i>mcr-2</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Piperacillin, piperacillin-tazobactam, ceftazidime, cefepime, imipenem , meropenem , amikacin, gentamicin, tobramycin, ciprofloxacin, aztreonam, colistin	<i>bla</i> _{KPC} , <i>bla</i> _{GES} , <i>bla</i> _{NDM-1} , <i>bla</i> _{IMP-1} , <i>bla</i> _{VIM} , <i>bla</i> _{OXA-48}
<i>Acinetobacter</i> spp.	Piperacillin, piperacillin-tazobactam, ampicillin-sulbactam, ceftazidime, cefepime, imipenem , meropenem , amikacin, gentamicin, tobramycin, ciprofloxacin, minocycline, tigecycline, colistin	<i>bla</i> _{OXA-51} , <i>bla</i> _{OXA-23} , <i>bla</i> _{OXA-24} , <i>bla</i> _{OXA-58} , <i>ISAba-1</i> , <i>bla</i> _{KPC} , <i>bla</i> _{GES} , <i>bla</i> _{NDM-1} , <i>bla</i> _{IMP-1} , <i>bla</i> _{VIM} , <i>bla</i> _{OXA-48}
<i>Salmonella</i> spp.	Amikacin, ampicillin, azithromycin, cefotaxime, cefoxitin, ceftazidime, ceftriaxone, chloramphenicol, ciprofloxacin, colistin , gentamicin, imipenem, nalidixic acid, streptomycin, tetracycline, trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT)	<i>bla</i> _{CTX-M-1} , <i>bla</i> _{CTX-M-9} , <i>gyrA</i> , <i>parC</i>
<i>Shigella</i> spp.	Amikacin, ampicillin, azithromycin, cefotaxime, cefoxitin, ceftazidime, ceftriaxone, chloramphenicol, ciprofloxacin, colistin , gentamicin, imipenem, nalidixic acid, streptomycin, tetracycline, trimethoprim-sulfamethoxazole(SXT)	<i>bla</i> _{CTX-M-1} , <i>bla</i> _{CTX-M-9} , <i>gyrA</i> , <i>parC</i>
<i>Clostridioides difficile</i>	Ampicillin, cefotetan, clindamycin, imipenem, chloramphenicol, tetracycline, moxifloxacin, metronidazole, vancomycin , rifaximin	<i>erm</i> (B), <i>catD</i> , <i>tet</i> (M), <i>gyrA</i> , <i>gyrB</i> , <i>rpoB</i> , <i>tcdA</i> , <i>tcdB</i> , <i>cdtA</i> , <i>cdtB</i> , ribotype(16S-23S rRNA)
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Azithromycin, cefixime, cefpodoxime, ceftriaxone , ciprofloxacin, gentamicin, nalidixic acid, penicillin G, spectinomycin , tetracycline	23S rRNA, 16S rRNA, <i>erm</i> (B), <i>erm</i> (C), <i>erm</i> (F), <i>mef</i> , <i>penA</i> , <i>mtrR</i> , <i>porB</i> , <i>ponA</i> , <i>pilQ</i> , <i>rpsE</i>
<i>Candida</i> spp.	Fluconazole, voriconazole, amphotericin B, micafungin, anidulafungin, caspofungin, posaconazole, flucytosine	ITS, 26S rRNA D1/D2, <i>ERG11</i> , <i>PDR1</i> , <i>FKS</i>

※ 검은색 : 디스크 확산법, 붉은색 : 액체배지미량희석법, 파란색 : 디스크확산법 내성일 경우 액체배지미량희석법 추가 시험, 주황색 : 디스크확산법 및 한천배지희석법, 초록색 : 한천배지희석법

2

국내 항균제 내성균 조사 결과 (종합병원)

2021 국가 항균제 내성균 조사

2

국내 항균제 내성균 조사 결과(종합병원)

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

WHO GLASS에서 제시한 기준에 따라, 병원 감염(Hospital origin infection, 이하 HO감염)은 3일 이상 입원한 환자에서 얻은 검체나 3일 이상 입원하여 치료받지는 않았지만 다른 병원에서 2일 이상 입원하여 치료받다가 옮긴 환자에서 얻은 검체를 의미한다. 지역사회 감염(Community origin infection, 이하 CO감염)은 2일 이하 입원한 환자에서 얻은 검체나 외래환자를 통해 얻은 검체를 나타낸다. 연령군은 WHO GLASS 기준을 참고하여 분류하였다.

2. 1. 1. 혈액 배양 검사 건수

9개 수집센터에 의뢰된 혈액 배양 검사는 총 83,900건이며, CO감염이 의심되는 경우는 69,395건(82.7%)이었고, HO감염이 의심되는 경우는 14,505건(17.3%)으로, 작년에 비하여 CO감염이 의심되는 경우는 다소 증가하였고, HO감염이 의심되는 경우는 다소 감소하였다(2020년, CO감염: 65,245건, HO감염: 16,468건). 혈액 배양 검사 건수를 연령대별로 비교하였을 때, 혈액 배양 검사의 건수는 전반적으로 작년과 비슷한 분포를 보였다.

혈액 배양 검사 건수는 연령이 증가하면서 대체적으로 증가하는 경향이 있으며, 75-84세 군에서 총 16,316건으로 가장 많았다. 특히 HO감염이 의심되는 경우는 나이가 증가할수록 크게 증가하여 1-4세 군에서는 185건인 것에 비해, 75-84세 군에서는 3,708건으로 크게 증가하였다. 이는 연령이 증가할수록 환자의 기저질환이 많아지고 의료기관 이용률이 증가하여, HO감염의 위험성이 증가하기 때문이다. (그림 2-1)

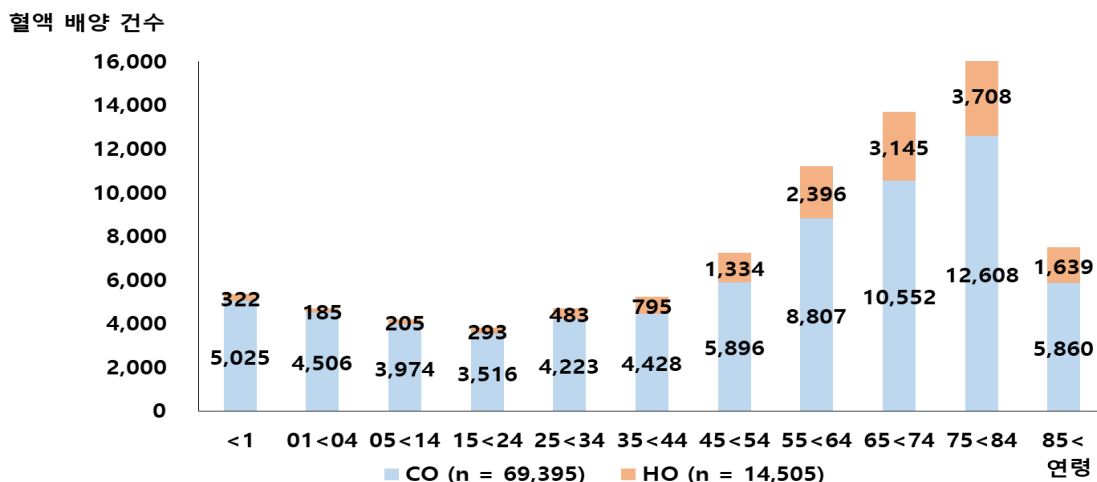


그림 2-1. 종합병원 연령대별 혈액 배양 검사 건수

2. 1. 2. 혈액 배양 검사 건수 대비 양성률

연령대별 혈류감염 원인균 분리 건수는 5-14세 군에서 총 10건으로 가장 낮았으며, 75-84세 군에서 1,717건으로 가장 높았다.

혈액 배양 검사 대비 세균의 양성률은 1세 미만 소아환자에 1.3%였으며, 1-4세 군에서 0.2%로 가장 낮았다. 그 이후에서는 연령대가 높을수록 증가하여 85세 이상 군에서는 11.2%로 가장 높았다. 특히, 그람양성균보다는 *E. coli*, *K. pneumoniae* 등의 그람음성균에서 증가 양상이 더욱 두드러지게 나타났다. (그림 2-2)

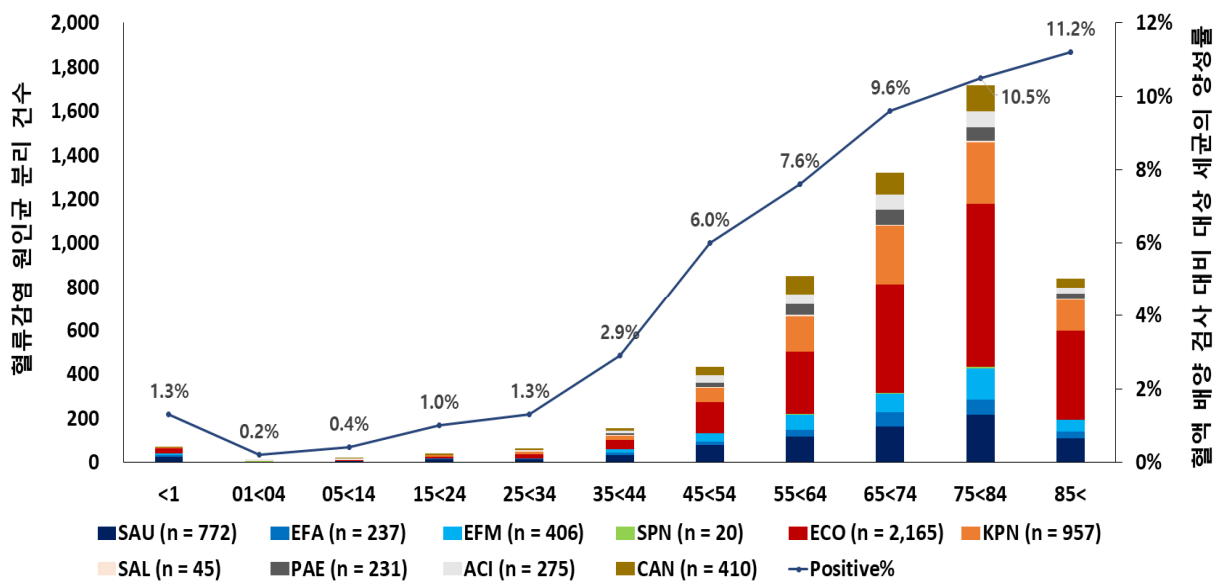


그림 2-2. 종합병원 연령대별 혈류감염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 3. 요 배양 검사 건수

HO감염이 의심되어 요 배양 검사를 시행한 경우는 전반적으로 연령대가 높아지면서 증가하였으며, CO감염이 의심되는 경우도 75세 이상 84세 미만에서 12,595건으로 가장 많았고, HO감염이 의심되는 경우 역시 4,363건으로 가장 많았다. (그림 2-3)

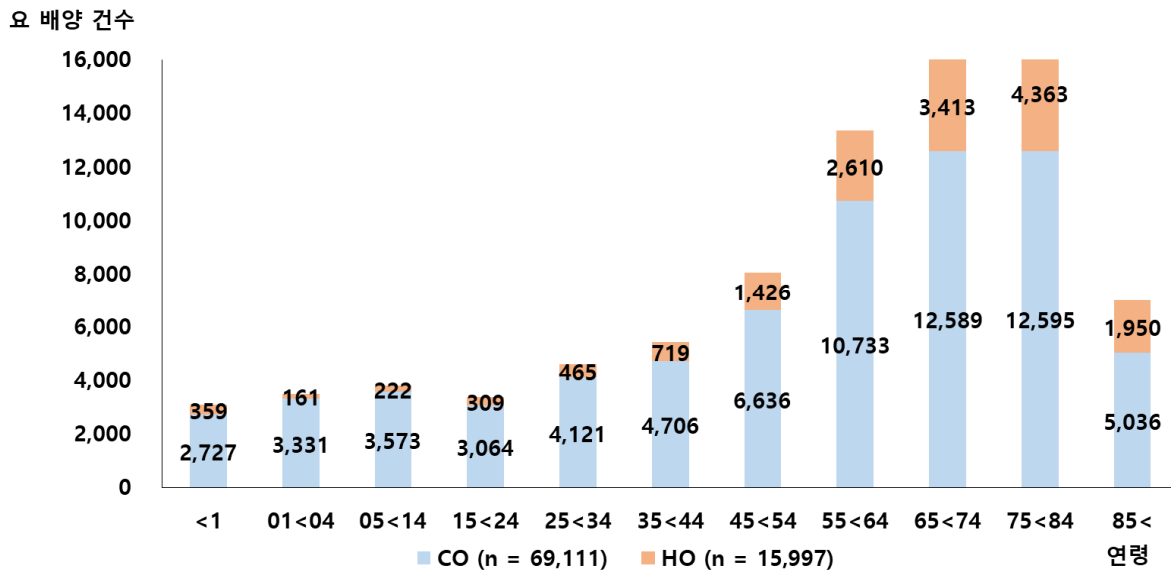


그림 2-3. 종합병원 연령대별 요 배양 검사 건수

2. 1. 4. 요 분리 건수 대비 양성률

Kor-GLASS에서는 2가지 요 분리 균주(*E. coli*, *K. pneumoniae*)를 수집하여 감시를 시행한다. 요 분리 균주의 분포는 1세 미만 군과 1-4세 군에서 각각 459건, 441건으로 다소 많았으며, 양성률도 14.9%, 12.6%로 높았다. 5-14세 군에서 양성률은 3.8%로 가장 낮았으며, 85세 이상군에서 19.4%로 가장 높았다. (그림 2-4)

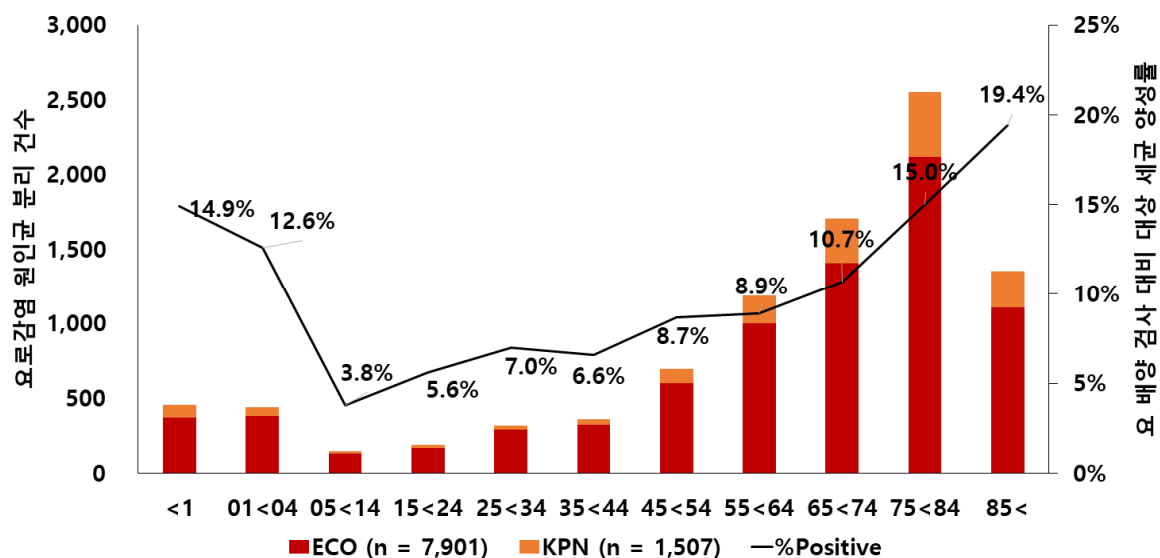


그림 2-4. 종합병원 연령대별 요로감염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 5. 대변 배양 검사 건수

대변 배양 검사는 통상적으로 입원 3일 이내의 환자에서 장염의 원인 세균을 대상으로 시행되며, 입원 3일 이후에 의뢰되는 검사는 시행하지 않는 것이 원칙이다. 설사의 원인 세균으로 알려진 *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Vibrio* 등의 병원 내 감염의 가능성을 배제하기 때문에 장염 진단을 위한 대변 배양 검사는 CO감염에만 국한된다. 하지만, 국내에서는 병원 내에서 *Shigella* 및 *Salmonella*에 의한 집단감염이 보고된 바 있으며, 국내 의료 환경의 특수성을 감안하여, 입원 3일 이후에 의뢰되는 대변 검체에 대해서도 검사를 진행한다. 또한, 입원환자에서 발생하는 장염의 진단 목적으로 시행되는 *C. difficile* 배양 검사가 의뢰될 시 같이 처방되는 경우가 많아 HO감염이 의심되는 상황에서도 대변 배양검사가 시행된다.

CO감염이 의심되는 환자는 소아에서 비교적 많았으며, 1세 미만 군에서 1,273건, 1-4세 군에서 741건, 5-14세 군에서 944건이었다. HO감염이 의심되는 환자는 55-64세 군에서 641건, 65-74세 군에서 842건, 75-84세 군에서 1,234건으로 고령층에서 검사 의뢰가 많았다. (그림 2-5)

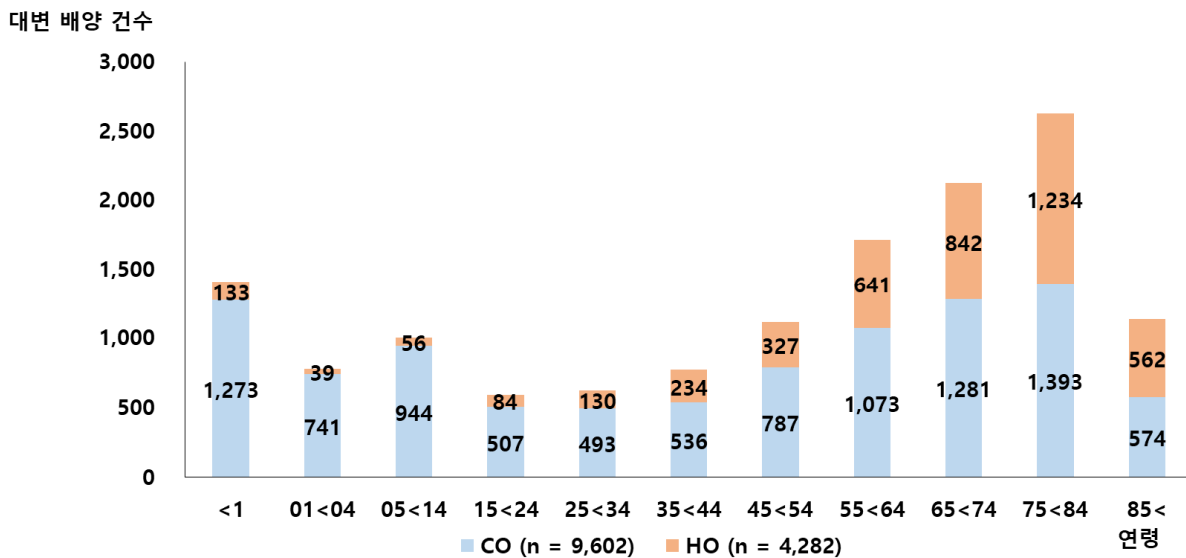


그림 2-5. 종합병원 연령대별 대변 배양 검사 의뢰 건수

2. 1. 6. 대변 분리 건수 대비 양성률

장염 병원균은 1-4세 군과 5-14세 군에서 가장 많이 분리되었으며, 55-64세 군에서도 다소 많이 분리되었다. (그림 2-6)

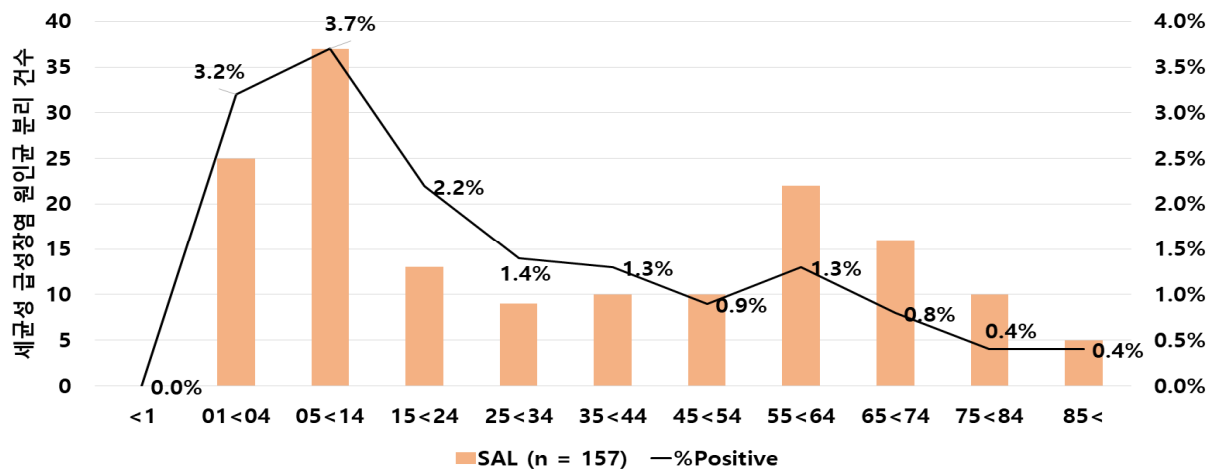


그림 2-6. 종합병원 연령대별 세균성 급성 장염 원인균 분리 건수 및 양성률

2. 1. 7. 비노생식기 검체 배양 검사 건수

비노생식기 검체 배양검사(요도 및 자궁경부 면봉 배양검사) 건수는 *N. gonorrhoeae*의 분리를 목적으로 진행되는 검사의 건수를 기초로 조사되었다. GLASS의 기준에 따라 CO/HO감염의 분류를 다른 대상 군종과 동일하게 적용하였으나, 해당 검사의 경우 입원 후 검사 의뢰 시기의 차이일 뿐, 임상적 의미는 크지 않을 것으로 판단된다. 비노생식기 검체의 배양 검사 건수는 성생활이 가장 활발한 25-34세 군에서 1,928건으로 가장 많았으며, 35-44세 군에서 1,632건, 45-54세 군에 579건이었으며, 그 외의 연령군에서는 검사 의뢰 건수가 적었다. (그림 2-7)

작년에 이어, 2021년 국가 항균제 내성 조사(Kor-GLASS) 사업에서도 *N. gonorrhoeae*는 분리되지 않았다. 감시체계에 포함된 병원 특성상, 성병이 의심되어 시행한 검사 건수 외에도 건강검진과 가임기 여성의 산전 검사 건수가 포함되어 검사 건수가 많았으나 임균이 분리되지는 않았다.

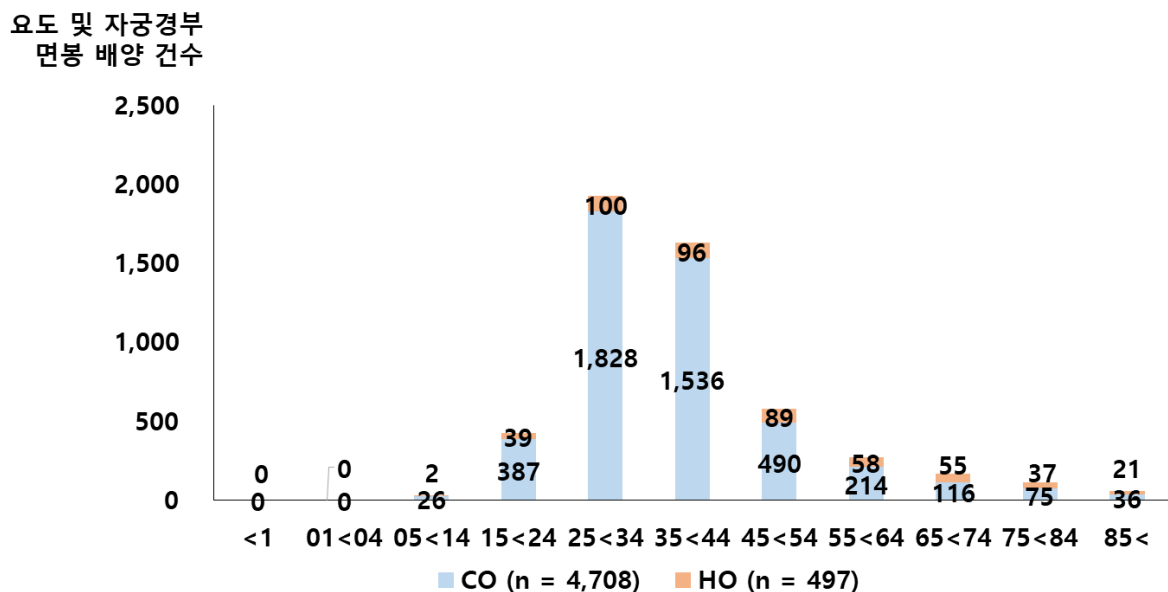


그림 2-7. 종합병원 연령대별 비노생식기 검체 배양 검사 의뢰 건수

2. 2. 종합병원 수집 균주 현황

2021년에는 9개 권역 종합병원에서 총 15,309주가 수집되었다. 이 중 5,516주는 혈액 분리 균, 9,408주는 요 분리 균이었고 384주는 대변 분리균이었다.

혈액 분리 균에서 *E. coli*가 2,165주로 가장 많았으며, *K. pneumoniae*가 많이 증가하여 957주로 2번째로 많이 분리되었다. *S. aureus*도 다소 증가하여 772주로 3번째로 많았으며, *E. faecium*은 꾸준히 증가하여 406주였다. *E. faecalis*도 243주로 전년보다 다소 증가하였다. 그 외, *Acinetobacter* spp.는 265주, *P. aeruginosa*는 233주, *Salmonella* spp.는 45주, 그리고 *S. pneumoniae*는 20주였다.

요 분리 균에서는 *E. coli*가 7,901주, *K. pneumoniae*는 1,507주로 최근 3년간과 비슷한 수준으로 수집되었다.

대변 분리 *C. difficile*은 A, B 2개 권역에서 수집하고 있으며, 2021년에는 총 227주가 분리되었다. (표 2-1)

표 2-1. 종합병원 수집 균주의 검체에 따른 균종별 분리 건수

검체	균종	2016년*	2017년#	2018년#	2019년#	2020년^	2021년^
혈액(Blood)	<i>S. aureus</i>	398	708	743	683	734	772
	<i>E. faecalis</i>	116	175	179	181	204	243
	<i>E. faecium</i>	137	288	277	308	355	406
	<i>S. pneumoniae</i>	15	54	48	36	28	20
	<i>E. coli</i>	1,112	1,772	1,724	1,939	2,209	2,165
	<i>K. pneumoniae</i>	426	693	701	716	870	957
	<i>P. aeruginosa</i>	102	149	157	182	206	233
	<i>Acinetobacter</i> spp.	169	235	247	225	217	265
	<i>Salmonella</i> spp.	34	56	55	47	37	45
	<i>Candida</i> spp.	-	-	-	-	356	410
	소계	2,509	4,130	4,131	4,317	5,216	5,516
요(Urine)	<i>E. coli</i>	4,474	7,874	7,255	7,270	7,293	7,901
	<i>K. pneumoniae</i>	823	1,256	1,299	1,295	1,274	1,507
	소계	5,297	9,130	8,554	8,565	8,567	9,408
대변(Feces)	<i>Salmonella</i> spp.	71	172	163	140	102	157
	<i>Shigella</i> spp.	0	1	2	0	0	0
	<i>C. difficile</i> \$	-	-	410	305	229	227
	소계	71	173	575	445	331	384
비뇨생식기 (Genital)	<i>N. gonorrhoeae</i>	0	1	0	0	0	0
뇌척수액(CSF)	<i>S. pneumoniae</i>	0	6	2	0	0	1
총계		7,877	13,440	13,262	13,327	14,114	15,309

* 2016년: 5월~12월, 6개 권역 수집센터

2017~2019년: 1월~12월, 8개 권역 수집센터

^ 2020~2021년: 1월~12월, 9개 권역 수집센터

\$ 2개 권역 수집센터

2. 2. 1. 월별 분리 건수

1년 동안 분리된 그람양성균을 월별로 나누었을 때, 102-142건으로 다소 차이가 있었고, 겨울철에 다소 많이 분리되었다. 그람음성균의 경우에는 월별로 974-1,207건이었으며, 7월, 8월, 9월에 다소 많이 분리되었다. (그림 2-8, 2-9)

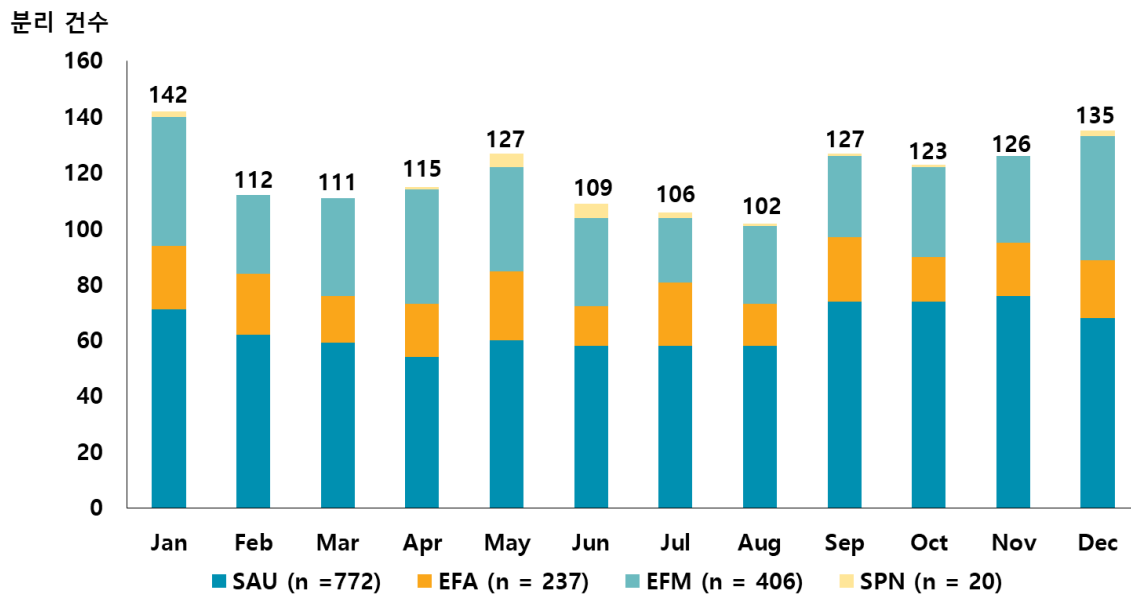


그림 2-8. 2021 년 월별 그람양성균 분리 건수

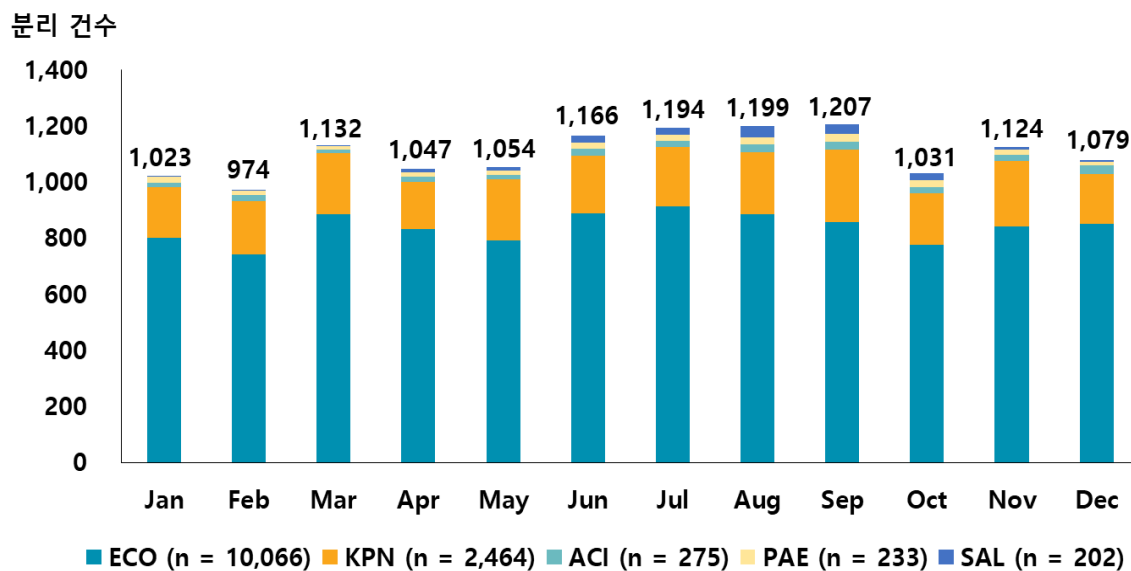


그림 2-9. 2021 년 월별 그람음성균 분리 건수

2. 2. 2. 성별에 따른 분리 건수

혈액 분리 균의 성별 분포를 확인하였을 때, *E. coli*의 경우 남성에서 890주, 여성에서 1,275주로, 여성에서 더 많이 분리되었는데 이는 *E. coli*에 의한 혈류감염 중 요로감염의 진행으로 발생하는 2차 혈류감염이 여성에서 더 흔하기 때문으로 생각된다. 그 외의 균종에서는 남성에서 다소 많이 분리되었다. (그림 2-10)

요 분리 균에서는 *E. coli*는 여성에서 6,042주, 남자에서 1,859주, *K. pneumoniae*는 여성에서 1,032주, 남성에서 475주로 두 균종 모두에서 여성에서의 분리빈도가 높았다. 요로감염의 경우, 비뇨기계의 해부학적 구조상 여성에서 흔하게 발생한다. (그림 2-11)

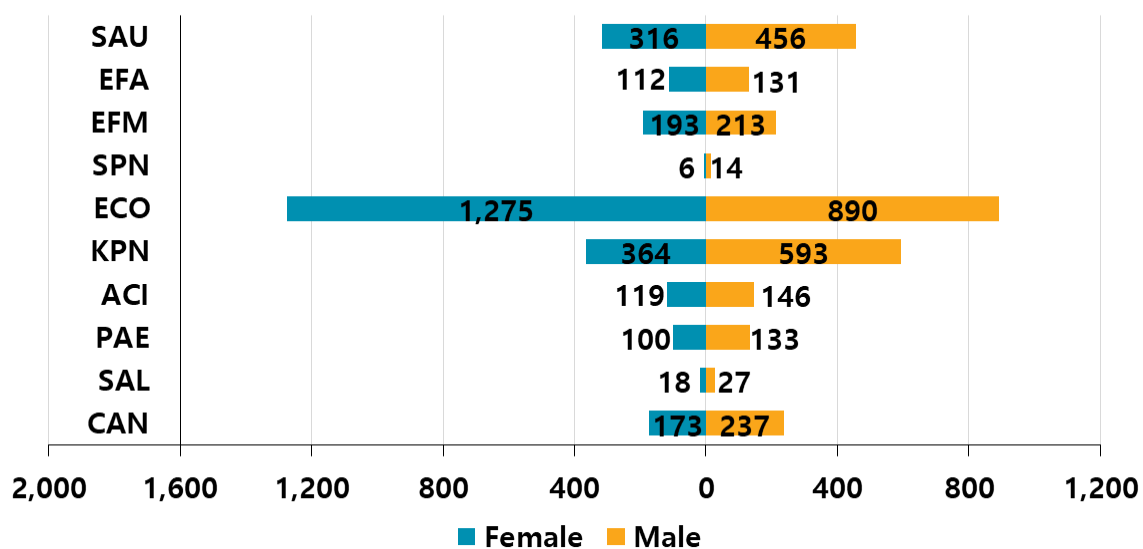


그림 2-10. 2021 년 성별에 따른 혈액 분리 건수

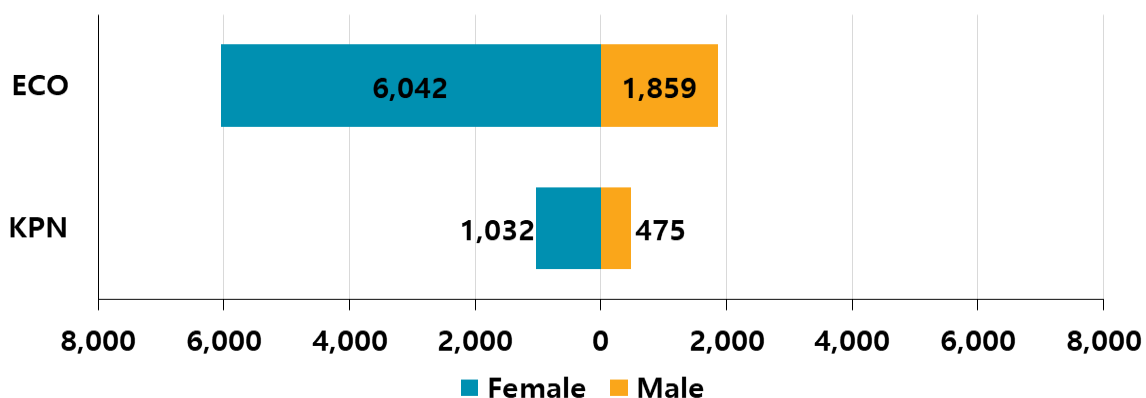


그림 2-11. 2021 년 성별에 따른 요 분리 건수

2. 2. 3. 감염구분별(CO vs HO) 분리 건수

지역사회감염에서 중요한 대표적인 균종은 *E. coli*와 *S. pneumoniae*이다. 2021년 *E. coli* 혈액 분리 균주 중 CO감염 균주는 1,766주, HO감염 균주는 399주로 CO감염 균주가 약 4배 많았다. *S. pneumoniae*의 경우 분리 균주 수는 적지만, CO감염 균주가 17주, HO감염 균주가 3주였다.

반면에 *Acinetobacter* spp.는 병원 감염에서 중요한 균종으로, 2021년 CO감염 균주는 35주, HO감염 균주는 230주로 HO감염 유래 균주가 훨씬 많았다. *E. faecium* 역시 병원 내 감염에서 중요한 균종으로, HO감염 균주가 309주, CO감염 균주가 97주로 HO감염 균주의 비율이 매우 높았다. 2020년부터 감시를 시작한 *Candida* spp. 균종도 HO감염 균주가 360주, CO감염 균주가 50주로 대표적인 병원감염 원인균 중 하나이다.

*S. aureus*의 경우 과거에는 CO감염 균주와 HO감염 균주의 비율이 거의 1:1이었으나, 2020년부터는 CO감염 균주가 더 많아서, 2021년에는 CO감염 균주가 424주, HO감염 균주가 348주로 CO감염 균주의 비율이 많이 증가하였다. 이는 지속적인 감염관리 활동을 통해 병원내 *S. aureus* 감염은 줄고 있지만, 지역사회에서는 크게 감소하지 않고 있거나 오히려 증가하고 있음을 시사한다. (그림 2-12)

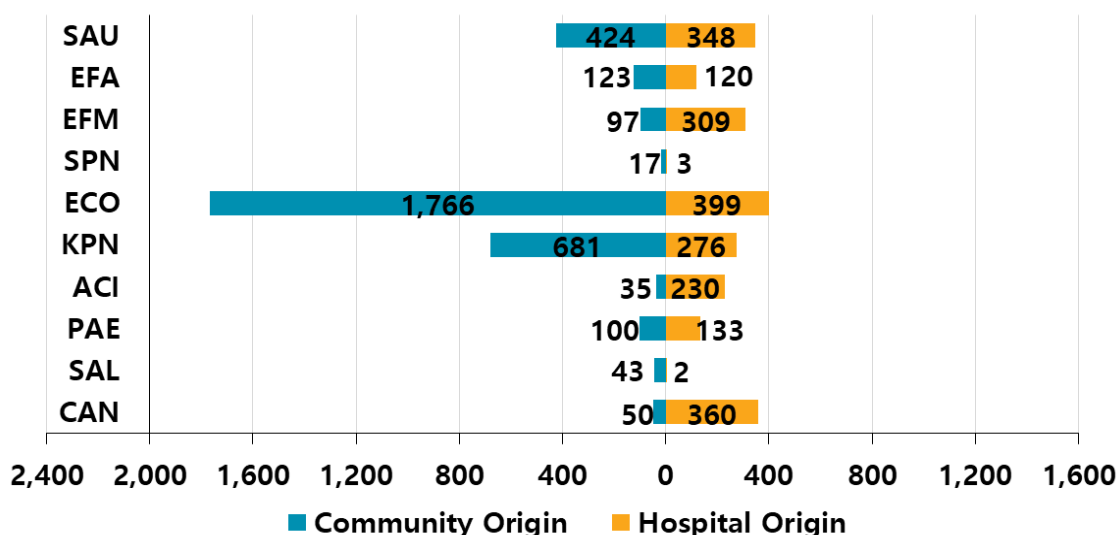


그림 2-12. 2021 년 감염구분별 혈액 분리 건수

2. 3. 종합병원 수집 균종별 항균제 내성 현황

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

혈액 분리 *S. aureus* 중 cefoxitin 내성 *S. aureus* (Methicillin-resistant *S. aureus*, MRSA)의 비율은 전체 감염의 45.2%로 감소추세가 지속되었으며, erythromycin과 clindamycin에 대한 내성 역시 꾸준히 감소하여 2021년에는 각각 31.9%, 14.0%였다. (표 2-2, 그림 2-14)

MRSA 감염의 주된 치료 약제에 대한 내성은 아직은 낮은 수준으로, vancomycin 내성 *S. aureus* (Vancomycin-resistant *S. aureus*, VRSA)와 linezolid 내성, QDA 내성 균주는 발견되지 않았다.

다제내성(Multi-Drug Resistance, MDR) 균주는 46.1%로 감소하였다. (그림 2-13)

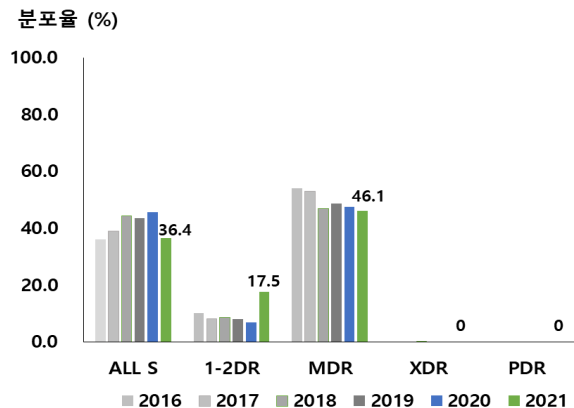
표 2-2. 종합병원 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	398	708	743	683	734	772
Cefoxitin	53.5	53.2	47.1	48.6	47.4	45.2
Erythromycin	42.0	38.7	35.3	35.1	34.1	31.9
Clindamycin	28.4	24.7	20.9	19.0	15.4	14.0
HL* mupirocin	8.0	8.1	12.0	13.3	12.7	14.1
QDA†	1.8	0.7	0.1	0.3	0.0	0.0
SXT‡	1.3	0.1	0.7	1.2	0.8	1.3
Tetracycline	-	-	-	-	13.6	13.7
Chloramphenicol	-	-	-	-	1.6	1.9
Gentamicin	-	-	-	-	23.7	26.0
Ciprofloxacin	-	-	-	-	33.8	29.7
Vancomycin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Teicoplanin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Linezolid	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tigecycline	1.8	0.4	4.4	5.0	0.0	0.0

* HL : High-level resistance to

† QDA : Quinupristin-dalfopristin

‡ SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

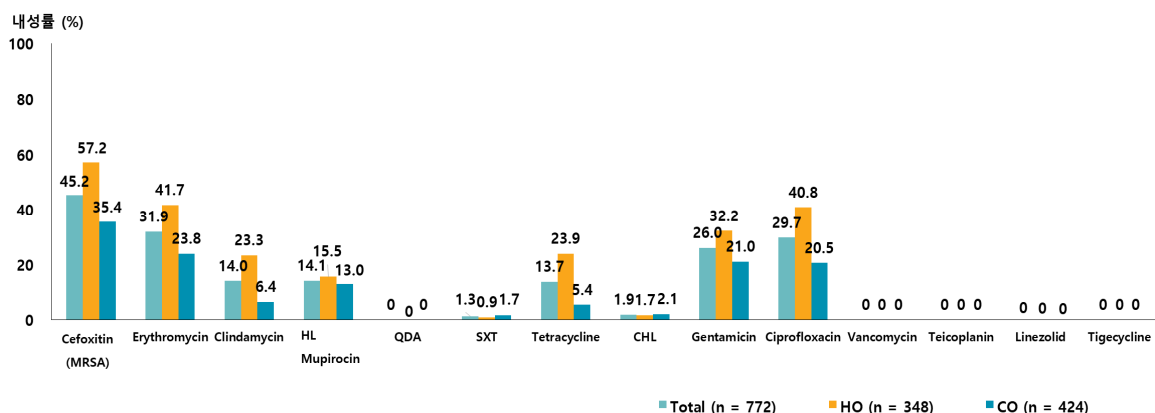
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성

MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성

XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성

PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-13. 종합병원 *S. aureus* 다제내성 분포율



QDA, Quinupristin-dalfopristin; SXT, Trimethoprim-sulfamethoxazole; CHL, Chloramphenicol

그림 2-14. 2021 년 종합병원 *S. aureus* 감염구분별 항균제 내성률

MRSA는 *mecA* 또는 *mecC* 유전자에 의해 penicillin-binding protein 2a (PBP2a)를 생산하며, PBP2a는 beta-lactam 항균제에 대한 친화력이 낮기 때문에, anti-MRSA cephalosporin을 제외한 모든 beta-lactam 항균제에 내성을 보이는 다제내성균이다. *mecA* 또는 *mecC* 유전자는 staphylococcal cassette chromosome *mec* (SCC*mec*)이라는 이동성 유전인자에 포함되어 균종간 수평전파된다. SCC*mec*은 *mec* gene complex와 *ccr* gene complex의 조합에 따라 다양한 유형으로 구분할 수 있는데, 국내에서는 SCC*mec* type II와 SCC*mec* type IV가 가장 흔하게 발견되며, SCC*mec* type II는 주로 HO감염 유발 균주에서 관찰되고, SCC*mec* type IV는 CO감염 유발 균주에서 확인된다. 따라서 SCC*mec* 유전형의 확인을 통해 역학적 분포를 확인할 수 있다.

2021년 수집된 *S. aureus*는 총 772주였으며, 그 중 349주(45.2%)가 MRSA였다. 2018년까지는 SCC*mec* type II MRSA와 SCC*mec* type IV MRSA의 비율이 약 1:1이었으나, SCC*mec* type II 균주의 비율이 점점 감소하여 2021년에는 SCC*mec* type II MRSA는 118주, SCC*mec* type IV MRSA는 221주로 SCC*mec* type IV MRSA가 약 2배 가량 많았다. 이는 적극적인 병원내 감염관리 활동으로 인해 HO감염 유발 MRSA의 분리는 점점 감소하고 있지만, CO감염에서는 오히려 증가하고 있음을 나타낸다. (표 2-3)

표 2-3. 2017-2021 SCC*mec* type 에 따른 MRSA 균주의 분포

	2017	2018	2019	2020	2021
SCC <i>mec</i> type II	186 (26.3%)	168 (22.6%)	158 (23.1%)	132 (18.0%)	118 (15.3%)
SCC <i>mec</i> type IV	185 (26.1%)	169 (22.7%)	211 (30.9%)	211 (28.7%)	221 (28.6%)
SCC <i>mec</i> type V	2 (0.3%)	3 (0.4%)	5 (0.7%)	5 (0.7%)	10 (1.3%)
Others	2 (0.3%)	9 (1.2%)	1 (0.1%)	0 (0%)	0 (0%)

spa type에 따라 분류하였을 때, 국내에서 가장 흔한 type은 t2460형이다. t2460형 MRSA는 TSST-1을 생성하고 SCC*mec* type II를 가지고 있으며, HO 감염의 중요 클론이다. Kor-GLASS의 감시 이후에 t2460형 MRSA의 비율은 점점 감소하고 있는 추세였으며, 2019년에는 54주(16.2%)가 분리되었다. 2021년에는 54주(7.4%)로 감소 추세가 이어지고 있다. t008형 MRSA는 PVL 생성 SCC*mec* type IV 보유 균주로 USA300 균주에 해당한다. 2019년까지는 t008형 MRSA의 비율이 10.8%(36주)로 증가하였으나, 2021년에는 그 비율이 4.5%(33주)로 감소하였다.

2. 3. 2. 장알균(*Enterococcus faecalis*)

*E. faecalis*는 대부분 ampicillin에 감수성인 것으로 알려져 있다. 작년까지 증가하던 ampicillin 내성률은 올해 0%였다. *E. faecalis* 혈류 감염의 치료에서 세포벽합성억제 항균제와 병합요법에 사용되는 aminoglycoside 중 streptomycin에 대한 고농도 내성률은 6.6%였으며, 임상에서 선호도가 높은 gentamicin에 대한 고농도 내성률은 32.5%였다. Vancomycin 내성 균주는 드문 것으로 알려져 있으나 꾸준히 1-2주씩 분리되고 있다. (표 2-4, 그림 2-16)

*E. faecalis*는 *E. faecium*에 비해 항균제 내성이 적다고 알려져 있다. 2020년에는 MDR 균주가 다소 증가하여 14.2%로 다소 높았으나, 올해는 2.5%로 낮아졌다. 광범위내성(Extensively Drug Resistance, XDR) 및 극한 광범위내성(Pandrug Resistance, PDR)균주는 수집되지 않았다. (그림 2-15)

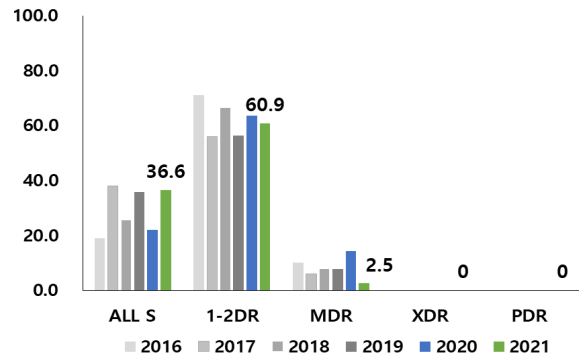
Vancomycin 또는 teicoplanin의 내성 관련 유전자인 *vanA* 및 *vanB* 유전자에 대한 PCR을 시행하였을 때 *E. faecalis* 중에서는 40.1%가 *vanA* 양성이었으며, *vanB* 유전자를 갖는 균주는 발견되지 않았다.

표 2-4. 종합병원 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	116	175	179	181	204	243
Ampicillin	0.0	0.6	1.7	5.5	8.3	0.0
Penicillin	-	26.3	31.1	25.4	22.5	8.6
Ciprofloxacin	33.6	41.1	39.7	35.4	31.4	28.0
HL* gentamicin	25.9	26.9	29.6	22.1	38.2	32.5
HL* streptomycin	7.8	6.3	5.6	6.6	11.3	6.6
Tetracycline	70.7	73.7	74.9	68.5	70.1	65.4
Chloramphenicol	-	-	-	-	10.3	6.2
Nitrofurantoin	-	-	-	-	0.5	0.0
Vancomycin	0.0	0.6	0.6	1.7	1.0	0.4
Teicoplanin	0.0	0.6	0.6	1.7	1.5	0.4
Linezolid	0.0	1.1	0	0.6	0.0	0.0
Tigecycline	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Daptomycin	-	-	-	-	0.5	0.0

* HL : High-level resistance to

분포율 (%)



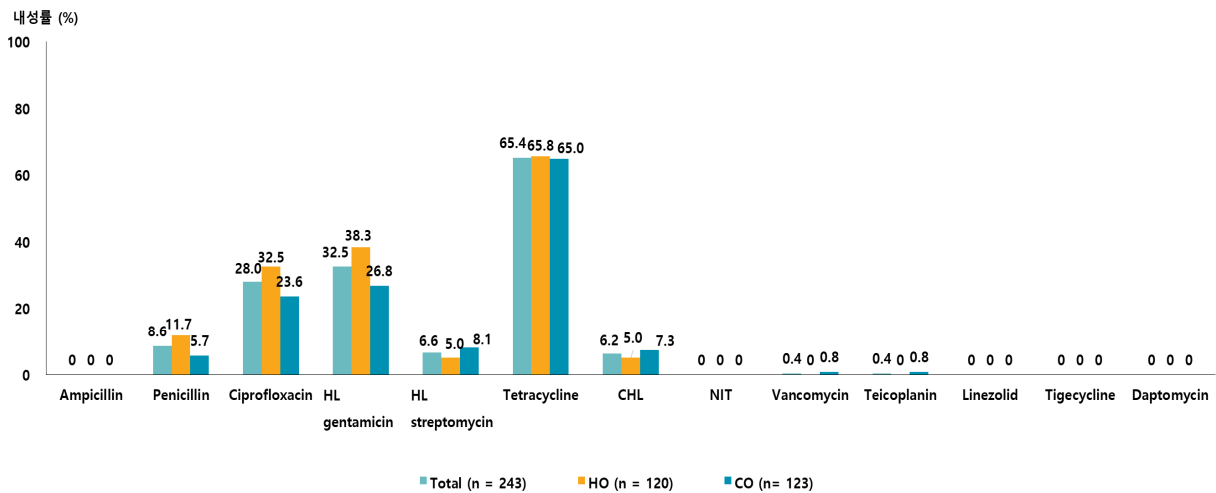
ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

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 2-15. 종합병원 *E. faecalis* 다제내성 분포율

CHL, Chloramphenicol; NIT, Nitrofurantoin

그림 2-16. 2021 년 종합병원 *E. faecalis* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 3. 장알균(*Enterococcus faecium*)

혈액 분리 *E. faecium*의 ampicillin 내성률은 88.2%로 여전히 매우 높았다. *E. faecium*의 vancomycin 내성률은 2016년 29.9%였으나 2019년까지 40.9%로 꾸준히 증가하였으며, 2020년에는 38.6%, 2021년에는 37.7%로 비슷한 수준으로 유지되고 있다. Vancomycin 내성 *E. faecium* (VRE, vancomycin-resistant Enterococci) 감염의 치료항균제인 linezolid에 대한 내성균은 발견되지 않았다. (표 2-5, 그림 2-18)

*E. faecium*에서 MDR 균주의 비율은 2020년 49.6%에서 올해 60.8%로 크게 증가하였다. 이는 *E. faecalis*에 비해 현저히 높은 결과이다. 2021년에는 XDR, PDR 균주는 수집되지 않았다. (그림 2-17)

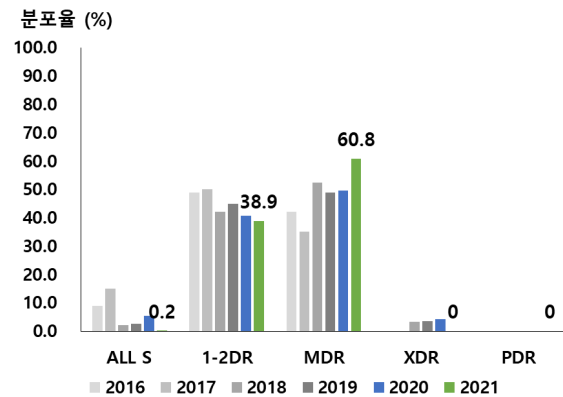
Vancomycin 또는 teicoplanin의 내성 관련 유전자인 *vanA* 및 *vanB* 유전자에 대한 PCR을 시행하였을 때, *E. faecium* 30.1%가 *vanA* 양성이었으며, *vanB* 유전자를 갖는 균주는 발견되지 않았다.

표 2-5. 종합병원 *E. faecium*의 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	137	288	277	308	355	406
Ampicillin	90.5	89.6	91.0	90.3	86.8	88.2
Ciprofloxacin	90.5	89.9	90.3	90.8	88.2	91.6
HL* gentamicin	21.2	18.1	21.3	23.7	28.2	29.6
HL* streptomycin	3.6	1.0	0.0	0.6	2.5	4.4
Tetracycline	11.7	14.9	15.9	12.0	8.7	11.8
QDA†	8.8	3.1	6.1	8.4	4.5	24.6
Chloramphenicol	-	-	-	-	0.0	0.5
Vancomycin	29.9	34.0	39.4	40.9	38.6	37.7
Teicoplanin	20.4	18.8	27.1	34.7	33.5	25.6
Linezolid	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tigecycline	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5
Daptomycin	-	-	-	-	0.0	3.0

* HL : High-level resistance to

† QDA : Quinupristin-dalfopristin



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

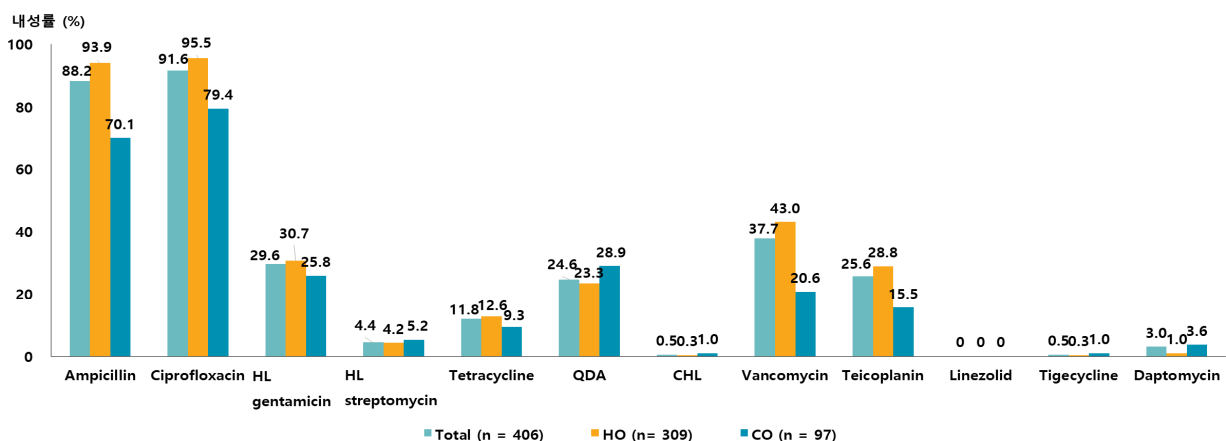
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성

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



QDA, Quinupristin-dalfopristin; CHL, Chloramphenicol

그림 2-18. 2021 년 종합병원 *E. faecium* 감염구분별 항균제 내성률

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

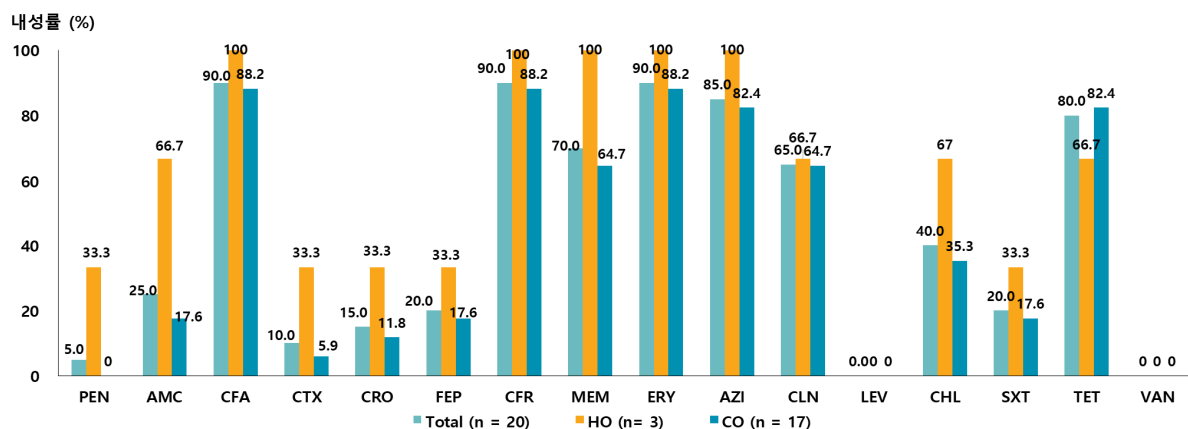
종합병원의 혈액 분리 *S. pneumoniae*는 총 20주였다. Penicillin, cefotaxime, ceftriaxone 내성률은 각각 5.0%, 10.0%, 15.0%였다. 지역사회 *S. pneumoniae* 감염증에 흔히 사용되는 항균제인 erythromycin에 대한 내성률은 90.0%로 대부분의 균주에서 내성으로 나타났다. (표 2-6, 그림 2-19)

2020년부터 항균제 감수성 시험에 cefaclor, cefepime, meropenem, azithromycin, clindamycin, chloramphenicol, tetracycline, vancomycin 등 8종의 항균제가 추가되었으며, 각 항균제에 대한 내성률은 아래 표에 정리되어 있다.

2021년에 뇌척수액(CSF) 분리 균주는 1주였으며, levofloxacin, vancomycin을 제외한 모든 항균제에 대하여 내성을 보였다.

표 2-6. 종합병원 혈액 분리 *S. pneumoniae*의 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	15	54	48	36	28	20
Penicillin	0.0	9.3	8.3	2.8	10.7	5.0
Amoxicillin-clavulanate (AMC)	6.7	18.5	25.0	27.8	17.9	25.0
Cefaclor	-	-	-	-	78.6	90.0
Cefotaxime	0.0	1.9	6.3	2.8	10.7	10.0
Ceftriaxone	0.0	1.9	10.4	2.8	10.7	15.0
Cefepime	-	-	-	-	17.9	20.0
Cefuroxime	60.0	68.5	66.7	72.2	71.4	90.0
Meropenem	-	-	-	-	53.6	70.0
Erythromycin	80.0	75.9	77.1	83.3	78.6	90.0
Azithromycin	-	-	-	-	78.6	85.0
Clindamycin	-	-	-	-	71.4	65.0
Levofloxacin	0.0	3.7	2.1	2.8	10.7	0.0
Chloramphenicol	-	-	-	-	25.0	40.0
Trimethoprim-sulfamethoxazole (SXT)	26.7	31.5	27.1	25.0	17.9	20.0
Tetracycline	-	-	-	-	71.4	80.0
Vancomycin	-	-	-	-	0.0	0.0



PEN, Penicillin; AMC, Amoxicillin-clavulanate; CFA, Cefaclor; CTX, Cefotaxime; CRO, Ceftriaxone; FEP, Cefepime; CFR, Cefuroxime; MEM, Meropenem; ERY, Erythromycin; AZI, Azithromycin; CLN, Clindamycin; LEV, Levofloxacin; CHL, Chloramphenicol; SXT, Trimethoprim-sulfamethoxazole; TET, Tetracycline; VAN, Vancomycin

그림 2-19. 2021년 종합병원 혈액 분리 *S. pneumoniae* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 5. 대장균(*Escherichia coli*)

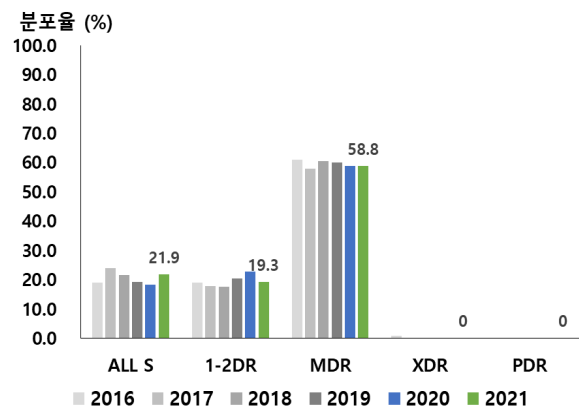
혈액 분리 *E. coli* 중 ampicillin 내성률은 66.2%였으며, piperacillin 내성률은 54.7%였다. *E. coli* 혈류감염에 가장 흔하게 사용되는 3세대 cephalosporin계 항균제 중 cefotaxime에 대한 내성률은 36.6%, ceftazidime에 대한 내성률은 10.3%로 2020년에 비하여 다소 감소하였다. Carbapenem 계열 항균제인 imipenem, meropenem, ertapenem에 대한 내성 균주는 거의 없었으며(0.04%), tigecycline에 대한 내성 균주도 확인되지 않았다. 감수성 시험 대상 항균제로 새로 추가된 chloramphenicol과 tetracycline에 대한 내성률은 각각 7.7%, 36.4%였다. (표 2-7, 그림 2-21)

표 2-7. 종합병원 혈액 분리 *E. coli*의 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	1,112	1,772	1,724	1,939	2,209	2,165
Ampicillin	65.2	65.3	68.0	67.5	65.6	66.2
Piperacillin	54.7	54.0	57.0	54.1	55.6	54.7
SAM*	24.3	28.9	29.3	22.0	21.4	18.8
Cefazolin	42.6	40.6	45.5	45.0	44.7	44.0
Cefotaxime	35.4	32.4	38.6	37.1	37.7	36.6
Ceftazidime	11.3	11.8	12.7	10.2	11.9	10.3
Cefepime	21.4	20.3	24.8	20.2	21.6	20.8
Aztreonam	21.2	20.8	24.6	20.0	21.1	20.1
Cefoxitin	3.5	3.9	4.1	5.0	4.3	4.5
Imipenem	0.1	0.2	0.1	0.2	0.04	0.05
Meropenem	0.0	0.2	0.1	0.1	0.04	0.05
Ertapenem	0.2	0.2	0.2	0.3	0.04	0.2
Amikacin	0.7	0.8	1.0	0.5	0.6	0.5
Gentamicin	29.6	26.6	27.1	26.3	24.5	24.1
Ciprofloxacin	39.4	35.8	42.7	41.1	41.3	41.0
SXT†	30.8	31.4	36.0	36.7	33.6	30.1
Tigecycline	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Colistin	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2
Chloramphenicol	-	-	-	-	6.8	7.7
Tetracycline	-	-	-	-	38.9	36.4

* SAM : Ampicillin sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

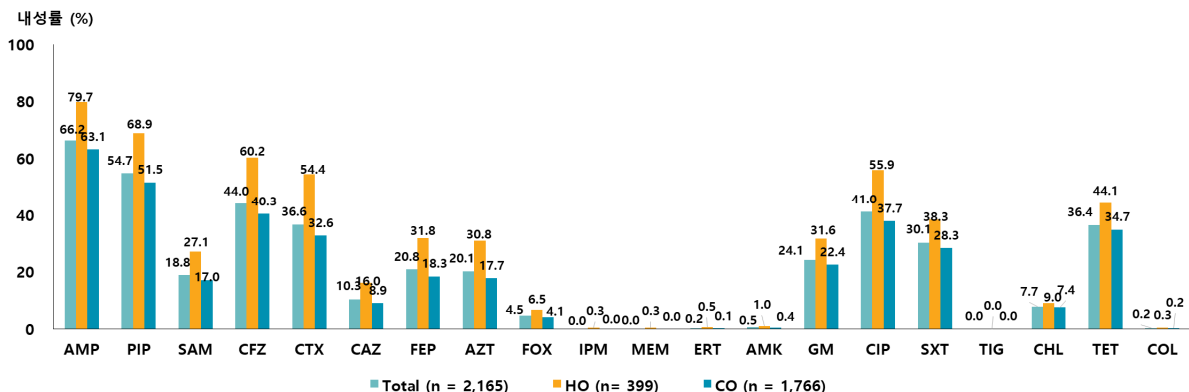
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성

MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성

XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성

PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-20. 종합병원 혈액분리 *E. coli* 다제내성 분포율



AMP, Ampicillin; 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 2-21. 2021 년 종합병원 혈액 분리 *E. coli* 감염구분별 항균제 내성률

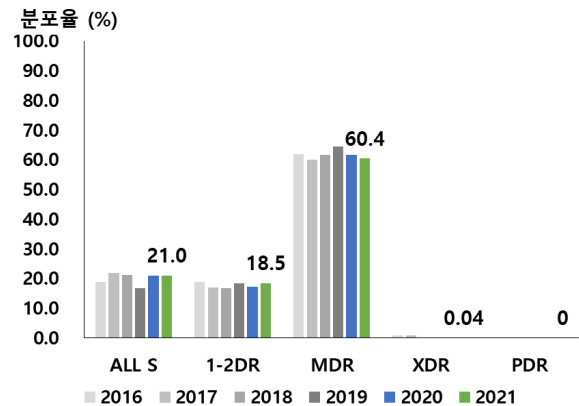
E. coli 요로감염에서 가장 중요한 치료 항균제인 fluoroquinolone 계열 항균제 ciprofloxacin에 대한 내성률은 45.4%로 큰 변화는 없었다. 3세대 cephalosporin 계열에 대한 내성률은 cefotaxime과 ceftazidime에 대하여 각각 34.4%, 8.4%였다. 요 분리 *E. coli*에서도 carbapenem 계열의 imipenem, meropenem 및 ertapenem에 내성률은 모두 1% 미만으로 여전히 매우 낮게 유지되고 있다. (표 2-8, 그림 2-23)

표 2-8. 종합병원 요 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	4,474	7,874	7,255	7,270	7,293	7,901
Ampicillin	69.3	68.8	69.6	71.7	68.4	67.7
Piperacillin	57.5	56.7	55.8	58.7	57.0	55.5
SAM*	25.3	29.8	27.7	22.2	20.8	17.5
Cefazolin	43.7	40.9	43.2	46.7	43.1	42.4
Cefotaxime	31.6	31.3	33.2	37.5	35.2	34.4
Ceftazidime	9.9	10.3	10.2	9.8	10.0	8.4
Cefepime	17.7	17.6	18.1	18.3	18.8	17.3
Aztreonam	17.4	17.9	18.4	17.9	19.1	17.0
Cefoxitin	4.0	4.9	6.0	5.4	4.3	4.6
Imipenem	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.04
Meropenem	0.0	0.0	0.0	0.02	0.1	0.04
Ertapenem	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
Amikacin	1.3	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7
Gentamicin	30.9	27.1	27.4	28.9	27.4	26.7
Ciprofloxacin	44.5	40.9	40.7	45.0	44.8	45.4
SXT†	37.7	36.0	37.8	39.8	36.0	32.6
Tigecycline	0.1	0.1	0.1	0.02	0.1	0.1
Colistin	0.2	0.2	0.1	0.03	0.03	0.1
Chloramphenicol	-	-	-	-	5.4	5.8
Tetracycline	-	-	-	-	38.2	36.3

* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



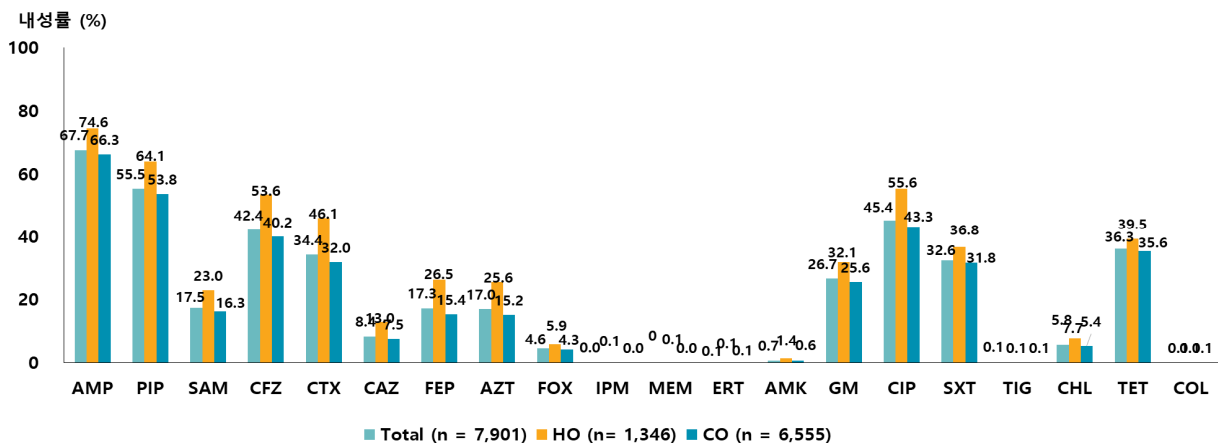
ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

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 2-22. 종합병원 요 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

AMP, Ampicillin; 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 2-23. 2021 년 종합병원 요 분리 *E. coli* 감염구분별 항균제 내성률

ESBL은 3세대, 4세대 cephalosporin과 monobactam 계열 항균제에 가수분해능이 있는 광범위 beta-lactamase로서, ESBL 생성은 *E. coli*에서 다제내성 표현형을 보이는 가장 중요한 내성 기전 중 하나이다.

전세계적으로 가장 널리 확산되어 있는 ESBL 유전형은 CTX-M형이다. CTX-M은 cefotaxime에 대한 가수분해능이 있으며, D240G 변이가 있는 경우 ceftazidime에도 가수분해능이 있다. CTX-M ESBL은 크게 CTX-M-1군, CTX-M-2군, CTX-M-9군, CTX-M-25군으로 분류되며, 국내에는 CTX-M-1군과 CTX-M-9군이 흔하게 관찰된다. Kor-GLASS 1기 (2017-2019)에는 CTX-M-1군 ESBL-생성 *E. coli*가 CTX-M-9군 ESBL-생성 *E. coli*보다 약 3-5%p 많이 분리되었으나, 2020년-2021년에는 CTX-M-9군 ESBL-생성 *E. coli*가 더 많이 분리되었다. 이는 CTX-M-9군에 포함되는 CTX-M-27 ESBL 생성 균주가 확산되었기 때문인 것으로 생각된다.

CTX-M-27 ESBL은 CTX-M-9에서 D240G 변이가 발생한 ESBL로 cefotaxime 및 ceftazidime에도 가수분해능이 있어 더 광범위한 내성 표현형을 야기하며, 외국에서도 그 확산이 보고되고 있다. 2017년에는 전체 *E. coli* 분리 균주의 약 3.9%에 해당했으나, 2020년에는 9.8%, 2021년에는 8.6%로 크게 증가되었다. (그림 2-24) ESBL-생성 *E. coli*는 HO감염 및 CO감염 모두에서 그 빈도가 다제내성균으로 새로운 클론의 확산에 대하여 지속적으로 관심을 기울여야 할 것으로 생각된다.

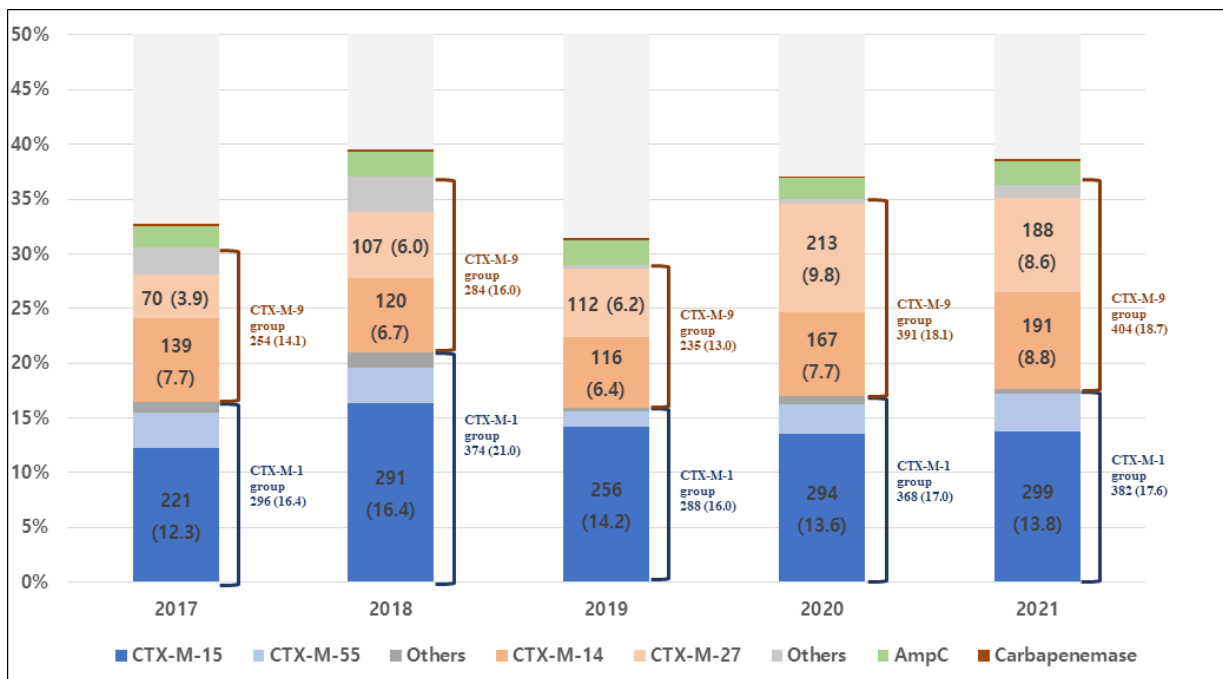


그림 2-24. 2017-2021 혈액분리 *E. coli*의 beta-lactamase 분포

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

혈액 분리 *K. pneumoniae*의 균주의 3세대 cephalosporin 내성률은 *E. coli*에서 보다 낮아서, cefotaxime에 대한 내성률은 27.6%, ceftazidime에 대한 내성률은 21.4%였다. 하지만, CO감염 균주의 내성률에 비해 HO감염 균주의 내성률이 특히 높아서 cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 HO감염에서 각각 59.8%, 50.7%로 매우 높았다. Carbapenem 계열의 항균제인 imipenem, meropenem, ertapenem에 대한 내성률은 혈액 분리 균주에서 각각 5.0%, 6.4%, 6.8%로 2020년에 비해 크게 증가하였으며, 특히 HO감염 균주에서 각각 13.8%, 18.1%, 18.5%로 매우 높았다. (표 2-9, 그림 2-26)

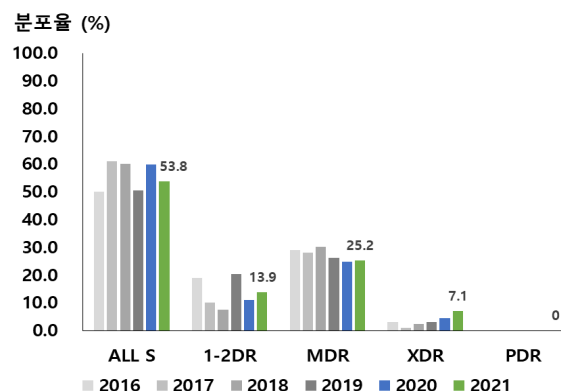
K. pneumoniae 혈액 분리 균주 중 XDR 균주는 꾸준히 증가하여 2021년에는 7.1%였다. Carbapenemase 생성 균주의 증가에 의한 것으로 CPE에 대한 지속적인 감시가 필요하다고 판단된다. (그림 2-25)

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

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	426	693	701	716	870	957
Piperacillin	29.8	28.9	31.0	29.6	29.0	31.7
SAM*	24.2	27.0	26.1	20.5	24.6	28.4
Cefazolin	30.5	28.1	29.1	27.0	26.3	30.6
Cefotaxime	27.0	26.1	27.1	24.9	25.4	27.6
Ceftazidime	20.0	21.2	20.7	16.8	18.4	21.4
Cefepime	19.5	20.6	20.5	17.0	19.7	22.9
Aztreonam	22.8	23.4	24.0	19.8	23.0	24.3
Cefoxitin	7.3	6.3	7.1	4.1	7.1	10.7
Imipenem	1.6	0.7	1.4	1.0	3.7	5.0
Meropenem	1.6	0.9	1.7	1.0	3.9	6.4
Ertapenem	2.1	1.0	2.1	1.1	4.0	6.8
Amikacin	3.5	2.6	2.7	0.7	1.1	1.1
Gentamicin	13.8	12.0	14.8	12.8	12.3	14.9
Ciprofloxacin	20.2	18.9	22.7	17.6	19.5	23.0
SXT†	20.7	18.6	23.5	23.5	21.7	23.6
Tigecycline	1.4	0.6	2.1	2.1	1.6	2.3
Colistin	0.7	0.6	0.4	1.0	0.8	1.0
Chloramphenicol	-	-	-	-	6.6	6.7
Tetracycline	-	-	-	-	17.9	19.9

* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

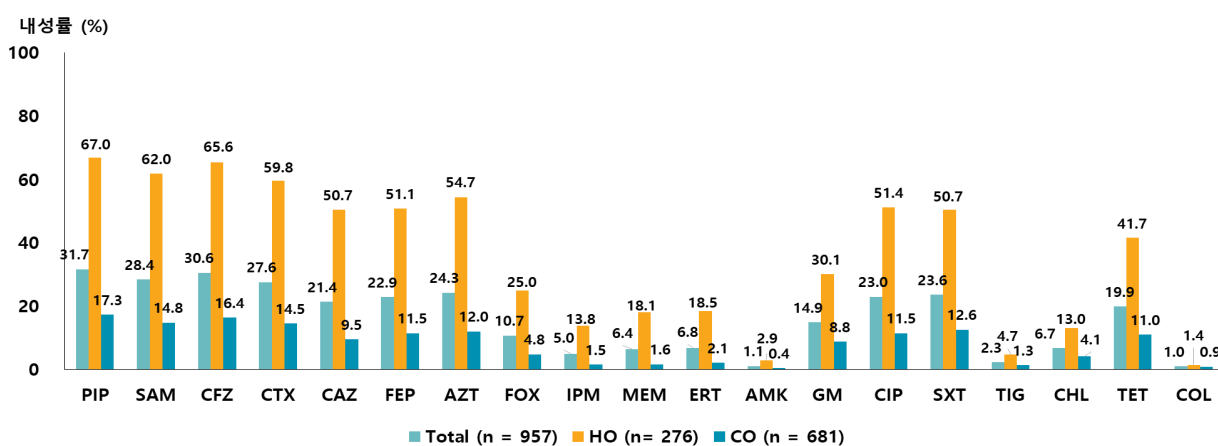
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성

MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성

XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성

PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-25. 종합병원 혈액 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 2-26. 2021 년 종합병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 감염구분별 항균제 내성률

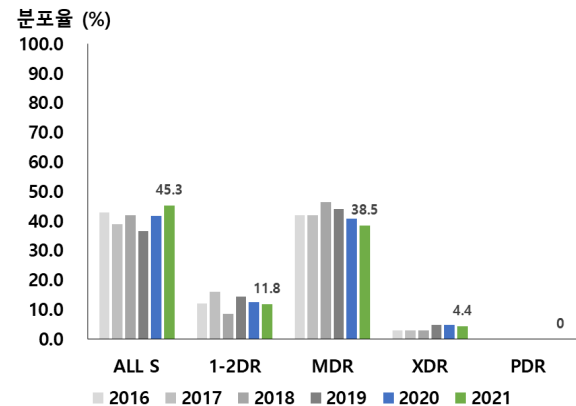
요 분리 *K. pneumoniae*의 항균제 내성률은 혈액 분리 균주의 항균제 내성률보다 전반적으로 높았다. Cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 전체 감염에서 각각 36.4%, 23.6%였다. Ciprofloxacin에 대한 내성률은 30.4%로 작년(33.2%)보다 다소 낮았다. Carbapenem 계열 항균제에 대한 내성률은 전년과 비슷하여, imipenem, meropenem, ertapenem에 대한 내성률은 각각 1.9%, 2.5%, 2.7%였다. (표 2-10, 그림 2-28)

표 2-10. 종합병원 요 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	823	1,256	1,299	1,295	1,274	1,507
Piperacillin	45.1	45.0	49.1	48.0	45.4	41.5
SAM*	36.6	39.9	41.3	37.5	38.0	34.1
Cefazolin	43.4	42.4	46.7	45.2	42.8	40.7
Cefotaxime	39.7	39.0	41.8	41.8	38.9	36.4
Ceftazidime	28.9	28.8	28.1	25.8	26.5	23.6
Cefepime	27.5	26.6	27.9	26.9	28.2	26.9
Cefoxitin	8.6	9.4	9.9	9.0	32.6	30.1
Aztreonam	31.5	32.1	32.4	30.5	10.4	8.1
Imipenem	0.5	1.4	0.6	1.2	2.4	1.9
Meropenem	0.5	1.4	0.7	1.2	2.7	2.5
Ertapenem	0.9	1.6	1.0	1.4	2.9	2.7
Amikacin	3.0	3.1	1.9	1.8	2.1	1.5
Gentamicin	19.8	22.3	21.7	25.8	20.7	22.0
Ciprofloxacin	32.8	31.9	32.5	31.9	33.2	30.4
SXT†	34.8	34.7	38.2	40.1	35.9	32.7
Tigecycline	2.6	1.4	2.2	4.6	3.5	3.1
Colistin	0.9	0.7	0.9	1.0	1.1	0.7
Chloramphenicol	-	-	-	-	7.1	10.5
Tetracycline	-	-	-	-	30.8	31.1

* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

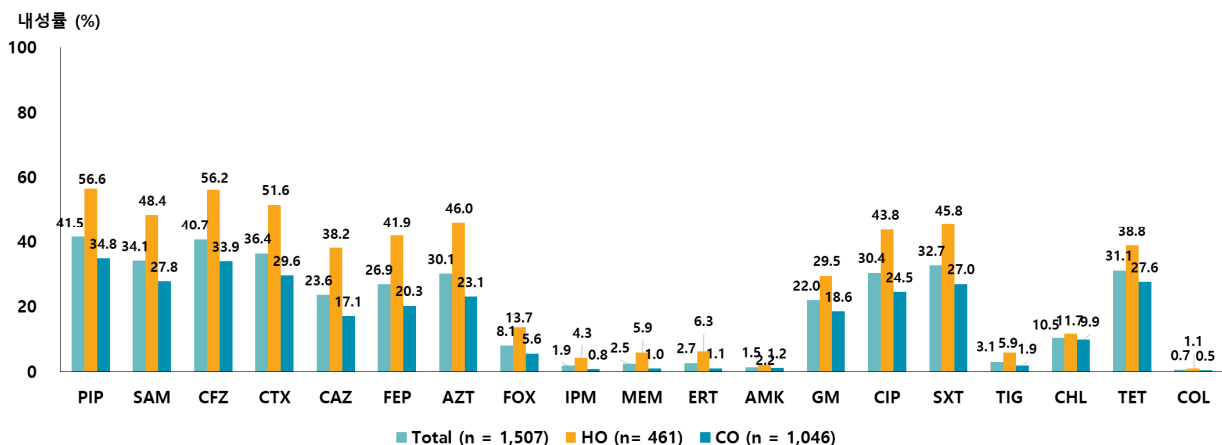
1-2DR : 1~2개 항균제 계열만 비감수성

MDR : 3개 이상의 항균제 계열 비감수성

XDR : 1~2개 항균제 계열만 감수성/나머지 모두 비감수성

PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-27. 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 2-28. 2021 년 종합병원 요 분리 *K. pneumoniae* 감염구분별 항균제 내성률

Carbapenemase 생성 *K. pneumoniae*는 국내 CRE 확산의 가장 중요한 원인이며, 특히 KPC-2 생성 *K. pneumoniae*는 국내에서 분리가 크게 증가하고 있다. 혈액분리 *K. pneumoniae*의 ertapenem 내성률은 2016년부터 2019년까지는 약 1-2%정도로 낮게 유지되었으나, 2020년에 4.0%로 증가하였으며 2021년에는 6.8%로 매우 증가하였다. Ertapenem 내성 *K. pneumoniae*의 65주 중 58주는 KPC생성 균주였으며, 1주는 KPC, NDM 동시 생성 균주였다. (그림 2-29) KPC-생성 균주는 가장 중요도가 높은 다제내성균으로 CPE의 확산 방지를 위한 대책이 필요할 것으로 생각된다.

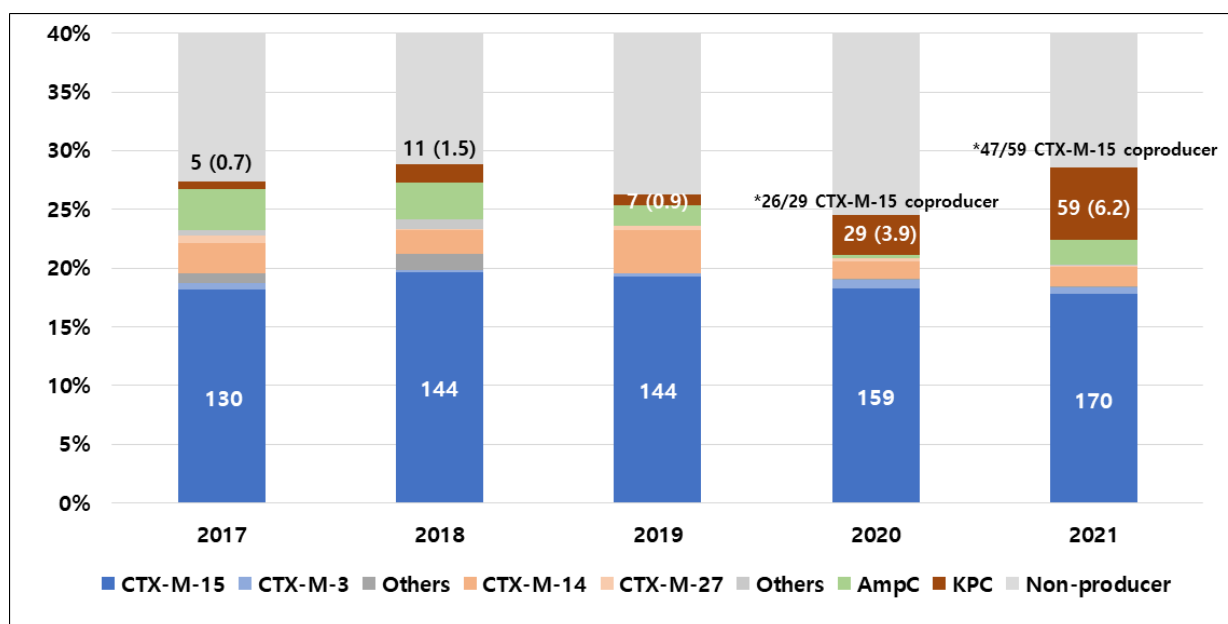


그림 2-29. 2017-2021 혈액분리 *K. pneumoniae*의 beta-lactamase 분포

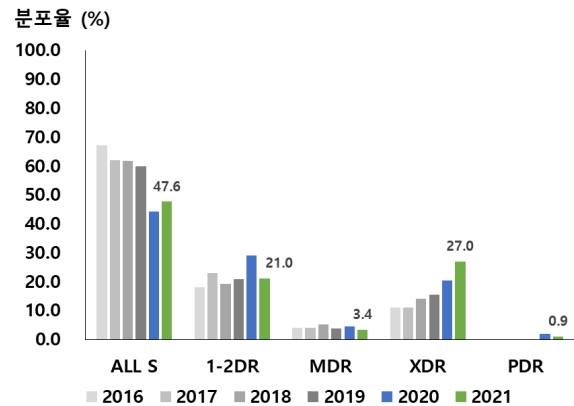
2. 3. 7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

혈액 분리 *P. aeruginosa*의 piperacillin에 대한 내성률은 24.5%로 2020년 20.9%보다 더 증가하였다. 항-녹농균 cephalosporin인 ceftazidime에 대한 내성률도 18.9%로 증가하였으며, carbapenem 내성률도 꾸준히 증가하여 2021년에는 imipenem, meropenem에 대하여 각각 36.9%, 35.6%로 높았다. 2020년 크게 증가하였던 colistin 내성률은 3.4%로 크게 감소하였다. (표 2-11, 그림 2-31)

모든 시험 항균제에 감수성인(All S) 균주의 비율은 47.6%였으나, XDR균주는 27.0%로 지속적으로 증가하고 있다. (그림 2-30)

표 2-11. 종합병원 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	102	149	157	182	206	233
Piperacillin	11.8	14.1	12.1	11.0	20.9	24.5
Piperacillin-tazobactam	9.8	12.1	8.9	9.9	16.0	18.9
Ceftazidime	9.8	14.1	12.7	12.6	16.5	18.0
Cefepime	11.8	10.7	13.4	14.3	16.0	18.0
Aztreonam	-	-	-	-	15.5	13.7
Imipenem	17.6	19.5	17.8	25.8	33.5	36.9
Meropenem	14.7	18.1	24.2	23.6	30.1	35.6
Amikacin	6.9	5.4	7.6	14.8	15.0	19.7
Gentamicin	10.8	8.7	12.1	17.0	20.4	26.6
Tobramycin	9.8	6.0	10.8	14.3	18.4	22.7
Ciprofloxacin	15.7	15.4	20.4	20.3	31.6	33.5
Colistin	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	3.4



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 2-30. 종합병원 *P. aeruginosa* 다제내성 분포율

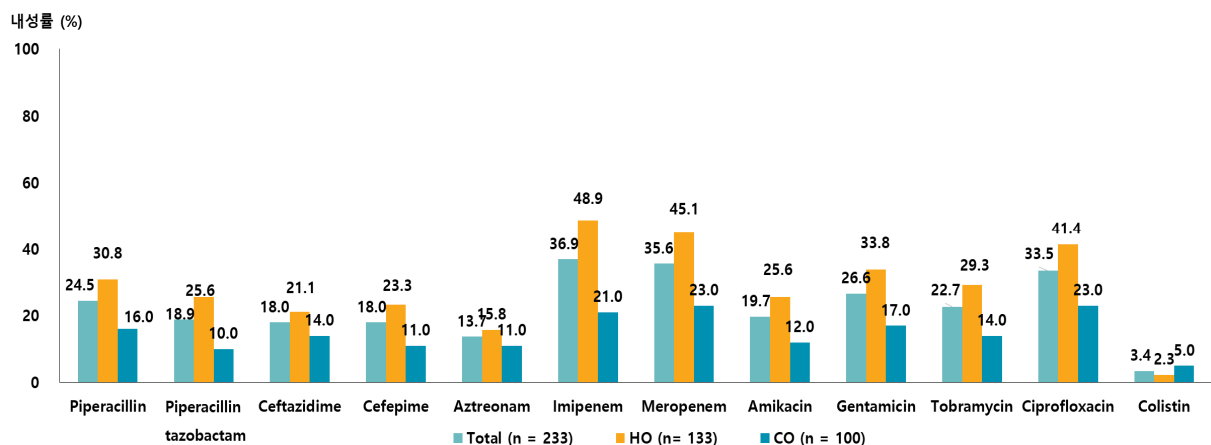


그림 2-31. 2021년 종합병원 *P. aeruginosa* 감염구분별 항균제 내성률

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

혈액 분리 *Acinetobacter* spp. 중 *A. baumannii*가 231주였으며, non-*baumannii* *Acinetobacter*가 34주였다. *A. baumannii* 혈액 분리 균주의 87.9%가 imipenem과 meropenem에 내성이었다. Carbapenem계열 항균제에 내성을 보이는 경우 다른 beta-lactam 계열 항균제에 같이 내성을 보이기 때문에 XDR인 경우가 많았다. Colistin 내성률은 2020년 7.2%로 증가하였던 colistin 내성률은 0.9%로 감소하였다. (표 2-12, 그림 2-33)

반면 non-*baumannii* *Acinetobacter*의 경우 carbapenem 내성 균주가 상대적으로 드물어 imipenem과 meropenem에 대한 내성률은 각각 2.9%였다. (표 2-13, 그림 2-35)

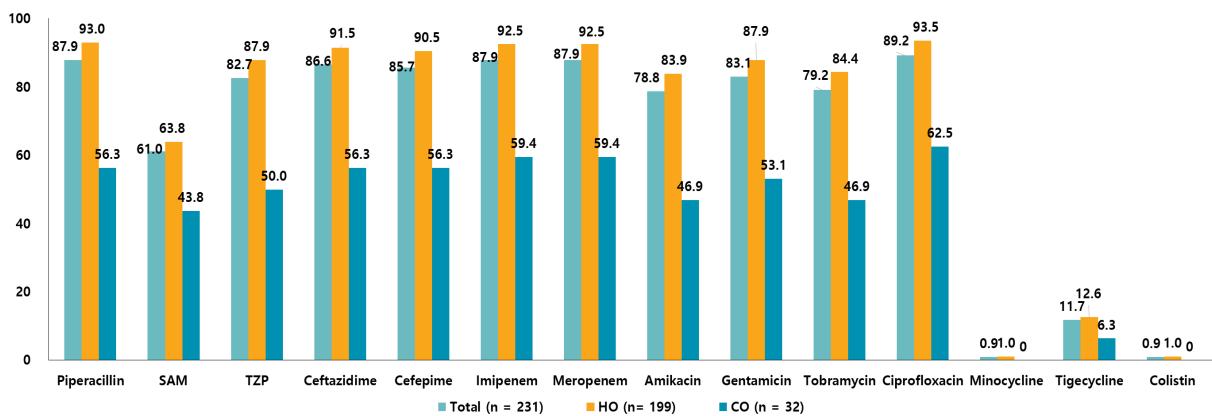
2000년대 초반에는 *A. baumannii*의 carbapenem 내성 기전은 OXA-23 생성, MBL 생성 또는 IS*Aba1*-*bla*_{OXA-51} 등 다양하였으나, 최근에는 대부분 OXA-23 생성에 의해 carbapenem 내성 표현형을 보였다. 대조적으로 non-*baumannii* *Acinetobacter* 균주의 경우 carbapenem 내성 균주는 드물었으며, 대부분 MBL 생성 균주였다.

표 2-12. 종합병원 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	131	203	210	187	180	231
Piperacillin	88.5	93.1	89.5	90.8	87.8	87.9
SAM*	71.0	81.3	76.2	77.8	81.1	61.0
Piperacillin-tazobactam	-	-	-	-	87.2	82.7
Ceftazidime	84.7	87.7	86.7	90.8	86.7	86.6
Cefepime	87.8	92.6	90.5	91.4	87.2	85.7
Imipenem	87.8	92.1	89.0	90.3	87.2	87.9
Meropenem	87.8	92.1	89.0	90.3	87.2	87.9
Amikacin	68.7	70.9	64.8	71.4	67.2	78.8
Gentamicin	69.5	75.9	66.7	76.2	69.4	83.1
Tobramycin	67.9	71.9	64.8	74.1	67.8	79.2
Ciprofloxacin	88.5	92.1	90.5	90.8	88.9	89.2
Minocycline	1.5	2.0	0.5	12.2	0.0	0.9
Tigecycline	3.8	5.4	2.9	16.8	1.7	11.7
Colistin	0.0	0.0	0.0	0.5	7.2	0.9

* SAM : Ampicillin-sulbactam

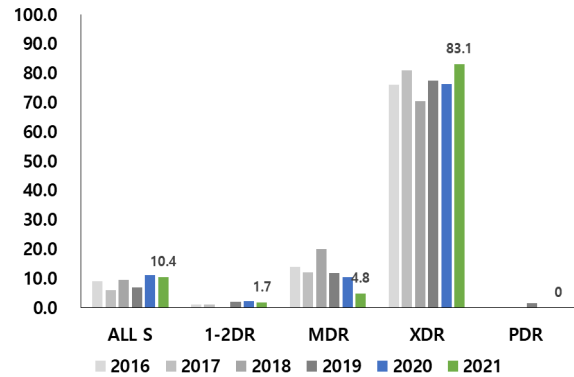
내성률 (%)



SAM, Ampicillin-sulbactam; TZP, Piperacillin-tazobactam

그림 2-33. 2021년 종합병원 *A. baumannii* 감염구분별 항균제 내성률

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

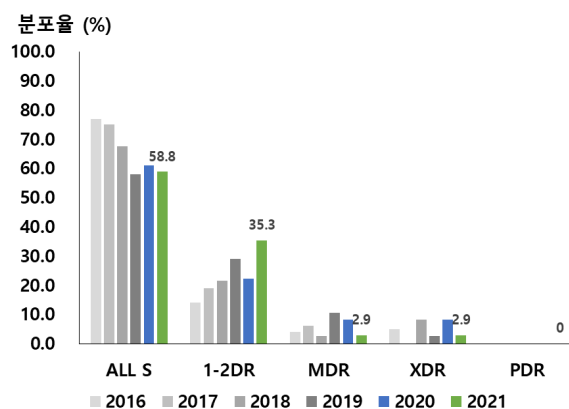
PDR : 모든 항균제 계열 비감수성

그림 2-32. 종합병원 *A. baumannii* 다제내성 분포율

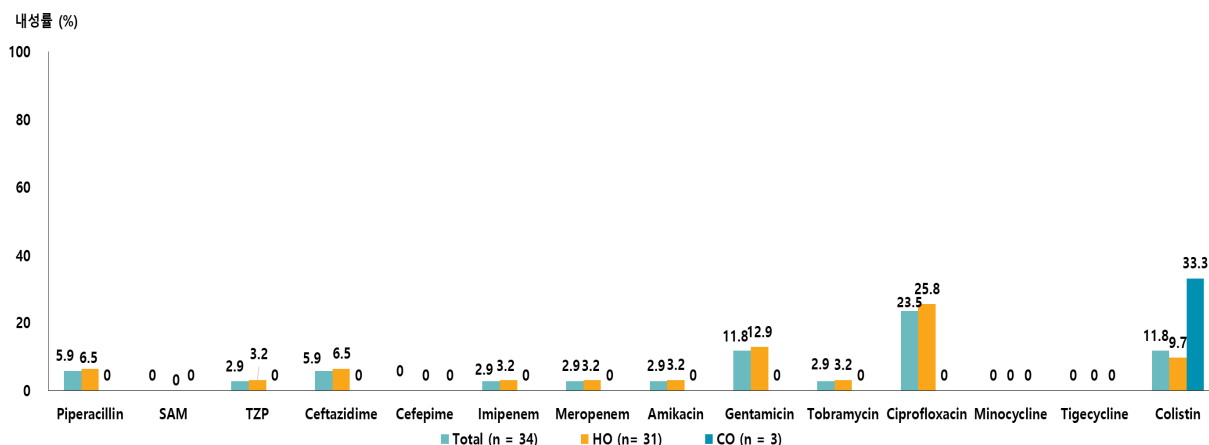
표 2-13. 종합병원 non-*baumannii* *Acinetobacter* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	38	32	37	38	37	34
Piperacillin	10.5	9.4	24.3	8.1	10.8	5.9
SAM*	2.6	9.4	5.4	2.7	5.4	0
Piperacillin-tazobactam	-	-	-	-	5.4	2.9
Ceftazidime	5.3	3.1	13.5	10.8	2.7	5.9
Cefepime	7.9	3.1	10.8	13.5	13.5	0
Imipenem	5.3	3.1	13.5	8.1	8.1	2.9
Meropenem	5.3	3.1	16.2	8.1	8.1	2.9
Amikacin	13.2	3.1	5.4	0.0	2.7	2.9
Gentamicin	15.8	6.3	8.1	5.4	16.2	11.8
Tobramycin	7.9	0.0	5.4	0.0	5.4	2.9
Ciprofloxacin	10.5	6.3	13.5	18.9	21.6	23.5
Minocycline	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Tigecycline	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	0
Colistin	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	11.8

* SAM : Ampicillin-sulbactam



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 2-34. 종합병원 Non-*baumannii* *Acinetobacter* 다제내성 분포율

SAM, ampicillin-sulbactam; TZP, piperacillin-tazobactam

그림 2-35. 2021 년 종합병원 Non-*baumannii* *Acinetobacter* 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 9. 살모넬라균속(*Salmonella* spp.)

Salmonella 균속의 cefotaxime에 대한 내성률은 6.4%로, 2020년과 비슷하였다. 2020년 다소 감소하였던 ciprofloxacin 비감수성률도 41.6%로 증가하였다. *Salmonella*균속의 시험 대상 항균제는 2020년에 ampicillin, tetracycline, colistin 등 9종이 추가되었다. Ampicillin 내성률은 23.8%였으며, tetracycline과 SXT 내성률은 17.8%, 그리고 colistin 내성률은 9.9%였다. (표 2-14, 그림 2-36)

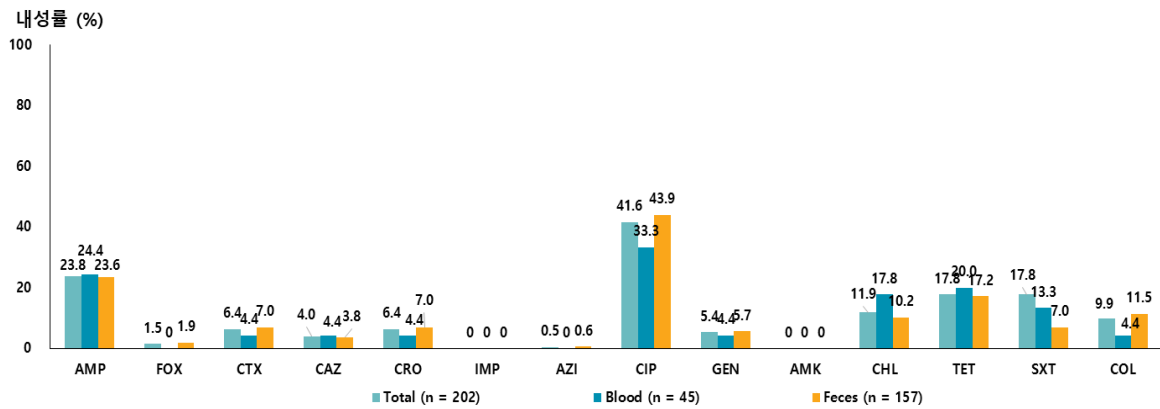
특히, cefotaxime, ceftazidime, ceftriaxone에 비감수성인 13개 균주 중 11주에서 ESBL 변이가 확인되었고(CTX-M-1 1주, CTX-M-15 2주, CTX-M-55 4주, CTX-M-65 4주), 나머지 2주는 음성으로 확인되었다. Ciprofloxacin에 비감수성인 84개 균주를 대상으로 *gyrA*, *parC* 유전자의 변이를 확인하였을 때, 혈액에서 분리된 15주 중 *gyrA*의 변이가 확인된 것은 10주(D87G 1주, D87N 2주, D87Y 3주, S83F 2주, S83I 2주, S83Y 1주), *parC*의 변이가 확인된 것은 T57S 2주였다. 이 중 1주(S83F, T57S)에서 *gyrA*와 *parC*의 동시 변이가 확인되었다. 대변 검체에서 분리된 157주 중 69주에서 *gyrA* 변이(D87Y 32주, D87G 1주, D87N 21주, S83F 1주, S83I 1주, S83Y 1주)가, *parC*의 변이는 모두 T57S(8주)로 확인되었다. 그 중 3주(D87N, T57S: 1주, D87Y, T57S: 2주)에서 *gyrA*와 *parC*의 동시 변이가 확인되었다.

표 2-14. 종합병원 *Salmonella* spp. 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	105	228	218	187	139	202
Ampicillin	-	-	-	-	32.4	23.8
Cefoxitin	-	-	-	-	1.4	1.5
Cefotaxime	4.8	8.8	8.7	9.6	5.0	6.4
Ceftazidime	2.9	6.1	6.9	7.5	4.3	4.0
Ceftriaxone	-	-	-	-	4.3	6.4
Imipenem	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Azithromycin	0.1	0.4	2.3	1.1	2.2	0.5
Ciprofloxacin*	0 (15.2)	3.0 (27.6)	3.2 (28.9)	4.2 (35.3)	2.9 (32.4)	3.0 (41.6)
Amikacin	-	-	-	-	0	0
Gentamicin	-	-	-	-	1.4	5.4
Chloramphenicol	-	-	-	-	8.6	11.9
Tetracycline	-	-	-	-	25.9	17.8
SXT†	-	-	-	-	7.9	17.8
Colistin	-	-	-	-	6.5	9.9

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

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



AMP, Ampicillin; FOX, Cefoxitin; CTX, Cefotaxime; CAZ, Ceftazidime; CRO, Ceftriaxone; IMP, Imipenem; AZI, Azithromycin; CIP, Ciprofloxacin; GEN, Gentamicin; AMK, Amikacin; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline; SXT, Trimethoprim-sulfamethoxazole; COL, Colistin

그림 2-36. 2021 년 종합병원 *Salmonella* spp. 검체별 항균제 내성률

2. 3. 10. 세균성이질균속(*Shigella* spp.)

2021년 종합병원 수집센터에서 *Shigella* spp.는 수집되지 않았다.

2. 3. 11. 임균(*Neisseria gonorrhoeae*)

2021년 종합병원 수집센터에서 *N. gonorrhoeae*는 수집되지 않았다.

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

C. difficile 장염 감염증의 치료 항균제인 metronidazole과 vancomycin에 대한 내성균주는 2018년부터 현재까지 수집되지 않았다.

Fluoroquinolone계열 항균제인 moxifloxacin에 대한 내성률은 2018년에 비해 많이 감소하여 2021년에는 34.4%였다. 또한 beta-lactam 계열 항균제에 대한 내성률도 상대적으로 높아, ampicillin에 대한 내성이 23.8%, cefotetan 내성률 22.5%, imipenem 내성률도 58.6%였다. (표 2-15, 그림 2-37) *C. difficile*의 항균제 내성은 ribotype과 연관성이 있으며, 과거에 가장 널리 확산되었던 R018, R017이 감소하고, 상대적으로 항균제 내성이 적은 R014/R020이 증가하여 전반적으로 항균제 내성률이 낮아진 것으로 판단된다.

표 2-15. 종합병원 *C. difficile* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	—	—	410	305	229	227
Ampicillin	—	—	11.5	20.0	42.4	23.8
Cefotetan	—	—	33.2	25.9	20.1	22.5
Imipenem	—	—	44.1	48.2	37.6	58.6
Clindamycin	—	—	68.3	70.5	76.0	72.7
Chloramphenicol	—	—	1.2	0.7	0.4	0.0
Tetracycline	—	—	16.6	14.4	15.3	10.1
Rifaximin	—	—	16.8	13.1	11.8	11.9
Moxifloxacin	—	—	44.4	39.3	34.1	34.4
Vancomycin	—	—	0.0	0.0	0.0	0.0
Metronidazole	—	—	0.0	0.0	0.0	0.0

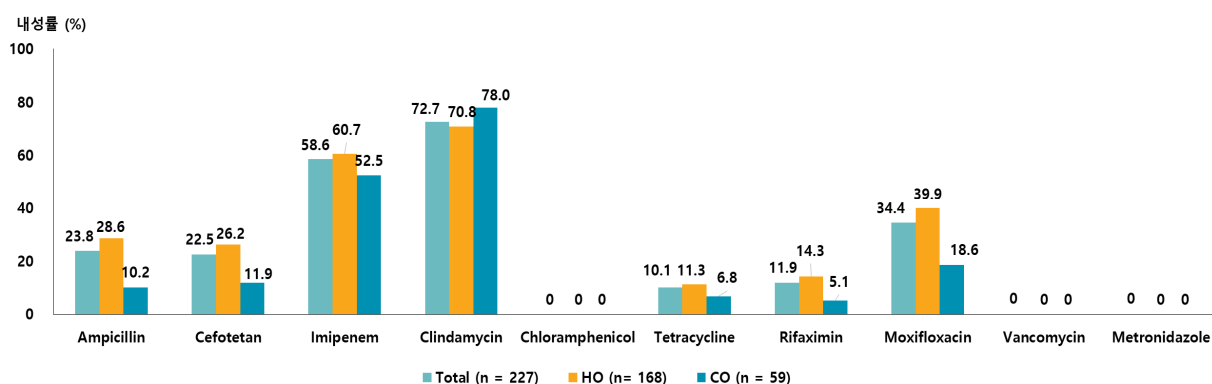


그림 2-37. 2021 년 종합병원 *C. difficile* 의 감염구분별 항균제 내성률

2. 3. 13. 칸디다균속(*Candida* spp.)

2021년도 1년간 9개 권역 수집센터에서 수집한 혈액에서 분리된 *Candida* 균속은 총 410주이었다. 균속 분포를 보면, *Candida albicans*가 176주로 가장 흔하게 분리되었고, *Candida glabrata* 76주, *Candida tropicalis* 74주, *Candida parapsilosis* 62주 순이었다.

전체 410주 중 CLSI CBP로 fluconazole MIC 범주를 판정할 수 있는 391주였고, fluconazole 내성률은 3.3%, 약제용량의존감수성은 19.9%이었다. CLSI CBP로 voriconazole MIC 범주를 판정할 수 있는 312주 중 *C. tropicalis* 2주가 voriconazole 비감수성을 보여 voriconazole 내성률은 0.6%, 중간내성은 4.5% 이었다. CLSI CBP로 echinocandin MIC 범주를 판정할 수 있는 393주 중 *C. glabrata* 1주가 caspofungin 및 anidulafungin에 비감수성을 보여 caspofungin 내성률은 0.2%, anidulafungin의 중간내성은 0.2% 이었다. (표 2-16, 그림 2-38)

Azole계 항진균제의 내성을 보이는 *C. parapsilosis* 4주, *C. tropicalis* 2주를 대상으로 Azole계 표적유전자인 ERG11 돌연변이 검사를 실시한 결과, *C. parapsilosis* 2주에서 Y132F 유전자 변이가, *C. tropicalis* 1주에서 Y257H 유전자 변이가 관찰되었다. Azole계 항진균제의 내성을 보이는 *C. glabrata* 4주를 대상으로 PDR1 돌연변이 검사를 실시한 결과, T745A, E259G, S942F 유전자 변이가 관찰되었다. Echinocandin에 비감수성을 보였던 *C. glabrata* 1주는 Fks2 돌연변이 검사를 실시한 결과 F659Y 유전자 변이가 관찰되었다.

표 2-16. 종합병원 혈액 분리 *Candida* spp.의 균종별 분리 건수 및 항진균제 내성률과 비감수성률

Species	분리 건수		항진균제 내성률% (비감수성률%) ^a				
	2020 (n=356)	2021 (n=410)	Fluconazole	Voriconazole	Micafungin	Caspofungin	Anidulafungin
<i>C. albicans</i>	172	176	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. tropicalis</i>	61	74	2.7 (8.1)	2.7 (15.8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. glabrata</i>	57	76	5.2 (100)	- (-)	0 (0)	1.3 (1.3)	0 (1.3)
<i>C. parapsilosis</i>	46	62	6.4 (9.6)	0 (6.4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. guilliermondii</i>	10	2	- (-)	- (-)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. lusitaniae</i>	4	5	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. krusei</i>	2	3	100 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. haemulonii</i>	1	0	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. bracarensis</i>	1	0	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. dubliniensis</i>	1	2	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>Cyberlindnera fabianii</i>	1	3	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. metapsilosis</i>	0	3	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. orthopsilosis</i>	0	2	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
<i>C. auris</i>	0	1	- (-)	- (-)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
<i>C. pelliculosa</i>	0	1	- (-)	- (-)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

^a CLSI M60의 clinical breakpoint를 적용하였으며, 기준이 없는 경우 “-”로 표기함

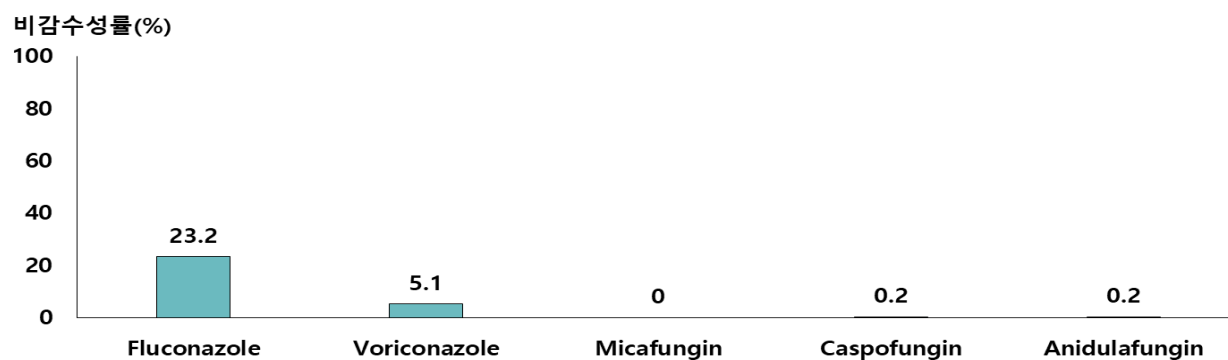


그림 2-38. 2021 년 종합병원 *Candida* spp. 항진균제별 비감수성률

2. 4. 주요 내성균의 분리 빈도

혈류감염 환자 100,000 명당 감염 구분별 주요내성균의 분리빈도를 분석하였을 때, CO 감염에 비해 HO 감염 환자에서 주요 내성균의 분리빈도가 월등히 높았다. CO 감염에서는 cefotaxime 내성 *E. coli*가 주요 내성균 중 분리빈도가 가장 높았으며, HO 감염에서는 cefotaxime 내성 *E. coli*, MRSA, carbapenem 내성 *A. baumannii*, cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*, VREFM, carbapenem 내성 *P. aeruginosa* 순으로 분리빈도가 높았다. (그림 2-39)

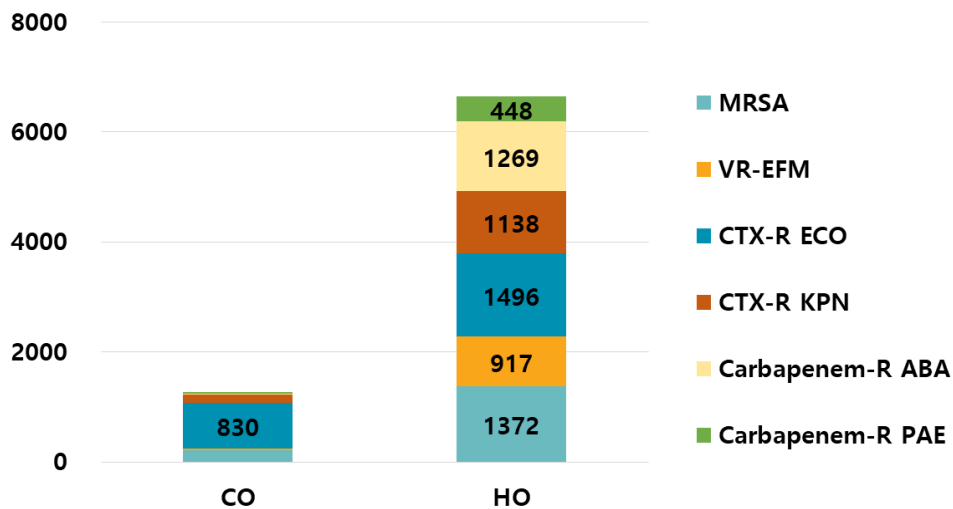


그림 2-39. 혈류감염 환자 100,000 명당 감염 구분별 주요 내성균의 분리빈도

혈류감염 환자 100,000명당 성별에 따른 주요내성균 분리빈도를 비교하였을 때, carbapenem 내성 *P. aeruginosa*, cefotaxime 내성 *E. coli*는 여성에서 분리빈도가 높은 반면, MRSA, cefotaxime 내성 *K. pneumoniae*, carbapenem 내성 *A. baumannii*의 경우는 남성에서 분리빈도가 높았다. (그림 2-40)

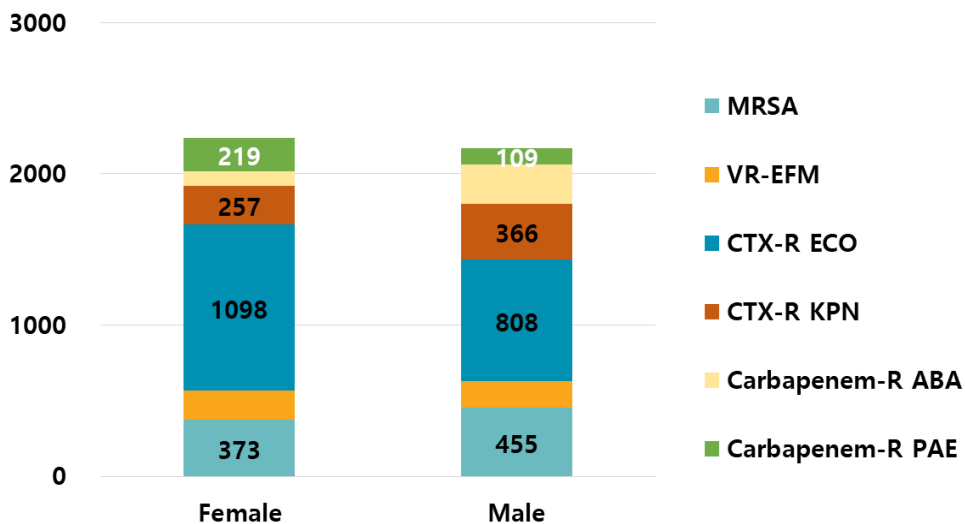


그림 2-40. 혈류감염 환자 100,000 명당 성별 주요 내성균의 분리빈도

3

국내 항균제 내성균 조사 결과 (요양병원)

2021 국가 항균제 내성균 조사

3

국내 항균제 내성균 조사 결과(요양병원)

3. 1. 요양병원 수집 균주 현황

2020년부터 각 권역의 종합병원과 역학적 또는 지리적 연관성 있는 요양병원에서 균주를 수집하는 수집네트워크를 구성하였다. 요양병원에서 수집된 균주는 2019년에 비해 2020년부터 크게 감소하였다. 이는 2020년 코로나19 확산 방지를 위하여 정부에서는 요양병원에 대한 방역관리 체계를 강화하였으며, 그에 따른 균주의 집락화 및 전파 감소 등의 영향이 있었을 것으로 추측된다.

2021년 요양병원에서 수집된 균주는 총 725주로, 혈액 분리 균주가 118주, 요 분리 균주가 607주였다. 혈액 분리 균주 중 *E. coli*가 63주로 가장 많았으며, *S. aureus*가 18주, *P. aeruginosa*가 18주, *Acinetobacter* spp.가 11주, *K. pneumoniae*가 8주였다. (표 3-1)

표 3-1. 요양병원 수집 균주의 검체에 따른 균종별 분리 건수

검체	균종	2016년*	2017년#	2018년#	2019년#	2020년^	2021년^
혈액(Blood)	<i>S. aureus</i>	13	53	47	49	14	18
	<i>E. faecalis</i>	7	18	63	46	1	0
	<i>E. faecium</i>	20	30	35	25	8	0
	<i>S. pneumoniae</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>E. coli</i>	19	94	73	67	53	63
	<i>K. pneumoniae</i>	9	34	24	14	10	8
	<i>P. aeruginosa</i>	8	34	13	32	10	18
	<i>Acinetobacter</i> spp.	15	23	27	36	4	11
	<i>Salmonella</i> spp.	0	0	0	0	0	0
	<i>Candida</i> spp.	-	-	-	-	0	0
	소계	91	286	282	269	100	118
요(Urine)	<i>E. coli</i>	228	851	666	638	424	504
	<i>K. pneumoniae</i>	68	204	164	230	84	103
	소계	296	1,055	830	868	508	607
대변(Feces)	<i>Salmonella</i> spp.	0	0	0	0	0	0
	<i>Shigella</i> spp.	0	0	0	0	0	0
	<i>C. difficile</i>	-	-	-	-	0	0
	소계	0	0	0	0	0	0
총계		387	1,341	1,112	1,137	608	725

3. 2. 요양병원 수집 균종별 항균제 내성 현황

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

혈액 분리 *S. aureus* 균주는 총 18주가 수집되었으며, 수집 균주의 94.4%가 ceftioxin에 내성인 MRSA였다. 또한, 요양병원 분리 균주의 erythromycin과 clindamycin에 대한 내성률은 각각 72.2%와 38.9%로 이는 최근 지역사회에 확산되고 있는 SCCmec IV형 MRSA와 관련이 있음을 시사한다. 반면에, vancomycin 중간내성 *S. aureus* (VISA) 및 vancomycin 내성 *S. aureus* (VRSA)는 발견되지 않았으며, oxazolidinone 계열의 항균제인 linezolid에 대해서도 100% 감수성이었다. (표 3-2, 그림 3-2)

요양병원 분리 *S. aureus*에서의 MDR 균주의 비율은 94.4%로 매우 높았다. 다만, MRSA의 주요 치료 항균제인 vancomycin, teicoplanin, linezolid 등에 모두 감수성 표현형으로 보여 XDR 및 PDR균주는 관찰되지 않았다. (그림 3-1)

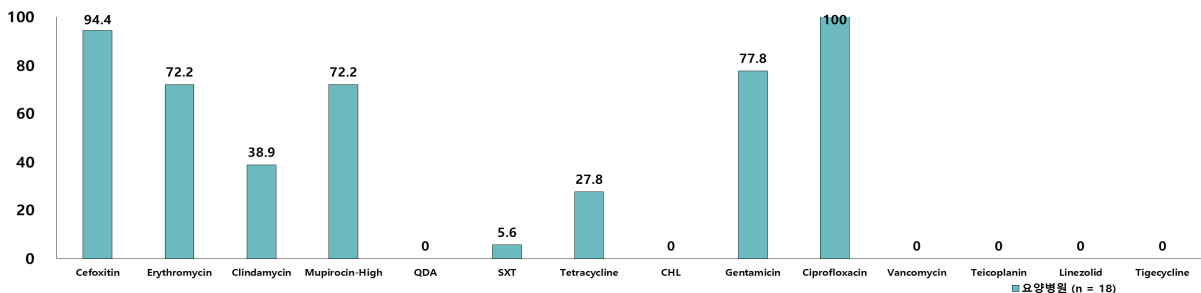
표 3-2. 요양병원 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	13	53	47	49	14	18
Ceftioxin	76.9	77.4	91.5	89.8	85.7	94.4
Erythromycin	61.5	56.6	72.3	53.1	71.4	72.2
Clindamycin	53.8	30.2	36.2	16.3	21.4	38.9
HL* mupirocin	38.5	30.2	31.9	71.4	50.0	72.7
QDA†	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SXT‡	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
Tetracycline	-	-	-	-	28.6	27.8
Chloramphenicol	-	-	-	-	7.1	0.0
Gentamicin	-	-	-	-	57.1	77.8
Ciprofloxacin	-	-	-	-	57.1	100
Vancomycin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Teicoplanin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Linezolid	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tigecycline	0.0	0.0	6.4	2.0	0.0	0.0

* HL : High-level resistance to

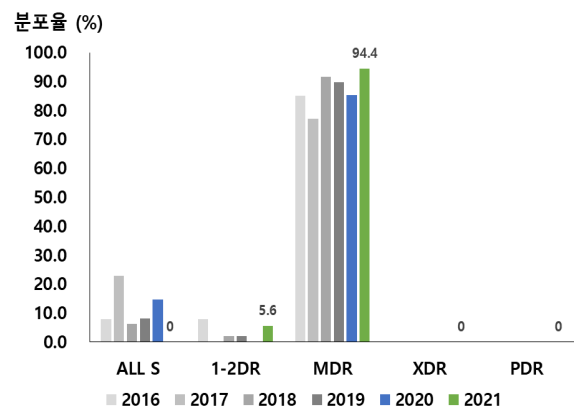
† QDA : Quinupristin-dalfopristin

‡ SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



QDA, Quinupristin-dalfopristin; SXT, trimethoprim-sulfamethoxazole; CHL, chloramphenicol

그림 3-2. 2021년 요양병원 *S. aureus* 항균제 내성률



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

3. 2. 2. 장알균(*Enterococcus faecalis*)

2021년 요양병원 수집센터에서 *E. faecalis*는 수집되지 않았다.

3. 2. 3. 장알균(*Enterococcus faecium*)

2021년 요양병원 수집센터에서 *E. faecium*은 수집되지 않았다.

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

2021년 요양병원 수집센터에서 *S. pneumoniae*는 수집되지 않았다.

3. 2. 5. 대장균(*Escherichia coli*)

요양병원의 혈액 분리 *E. coli*의 ampicillin 내성률은 88.7%, piperacillin 내성률은 81.1%로 매우 높았다. 특히 3세대 cephalosporin 내성률은 매우 높았는데, cefotaxime 내성률은 77.4%, ceftazidime 내성률은 32.1%로 종합병원과 비교하였을 때 매우 높았다. Carbapenem계 항균제인 imipenem, meropenem 및 ertapenem에 내성인 균주는 수집되지 않았다. (표 3-3, 그림 3-4)

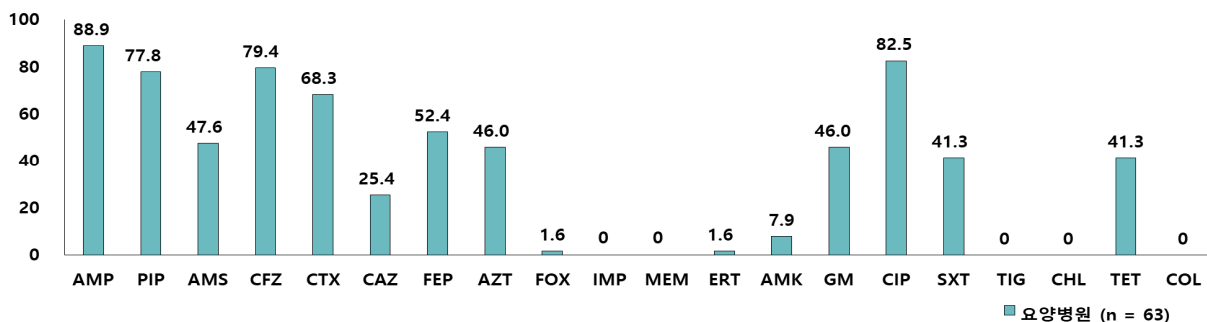
요양병원 혈액 분리 *E. coli* 중 MDR은 총 86.8%로 작년과 유사하게 매우 높은 수준이었다. 이는 ciprofloxacin에 동반내성을 보이는 ESBL 생성 균주가 다수 관찰되었기 때문이다. (그림 3-3)

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

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	19	94	73	68	53	63
Ampicillin	84.2	88.3	90.4	86.6	88.7	88.9
Piperacillin	84.2	79.8	87.7	80.6	81.1	77.8
SAM*	63.2	58.5	63.0	37.3	45.3	47.6
Cefazolin	78.9	67.0	89.0	71.6	79.2	79.4
Cefotaxime	78.9	66.0	83.6	68.7	77.4	68.3
Ceftazidime	31.6	36.2	27.4	22.4	32.1	25.4
Cefepime	63.2	52.1	69.9	50.7	60.4	52.4
Aztreonam	47.4	51.1	68.5	44.8	62.3	46.0
Cefoxitin	10.5	3.2	4.1	4.5	5.7	1.6
Imipenem	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0
Meropenem	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0
Ertapenem	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.6
Amikacin	0.0	2.1	5.5	3.0	3.8	7.9
Gentamicin	52.6	43.6	54.8	47.8	49.1	46.0
Ciprofloxacin	73.7	68.1	80.8	85.1	81.1	82.5
SXT†	57.9	45.7	45.2	50.7	41.5	41.3
Tigecycline	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Chloramphenicol	-	-	-	-	3.8	0
Tetracycline	-	-	-	-	45.3	41.3

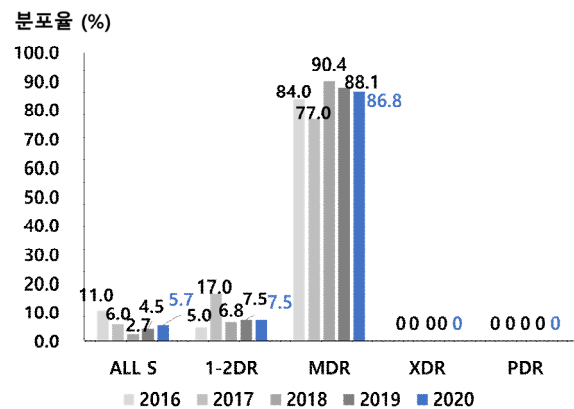
* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



AMP, Ampicillin; 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 3-4. 2021년 요양병원 혈액 분리 *E. coli* 항균제 내성률



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 3-3. 요양병원 혈액 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

요양병원에서 수집된 요 분리 *E. coli* 균주의 ampicillin, piperacillin에 대한 내성률은 각각 87.1%, 78.0%였다. 3세대 cephalosporin인 ceftotaxime과 ceftazidime에 대한 내성률은 각각 68.3%, 25.6%여서 cefotaxime에 가수분해능이 더 큰 CTX-M형 ESBL 균주가 확산된 것으로 추정된다. 요로감염 치료의 1차 약제로 주로 사용되는 ciprofloxacin의 내성률도 84.1%로 높았다. (표 3-4, 그림 3-6)

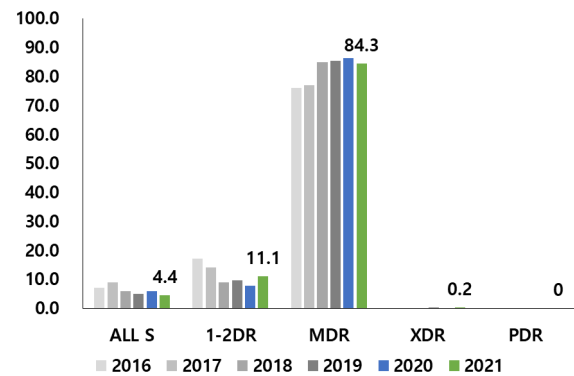
표 3-4. 요양병원 요 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	228	851	666	638	424	504
Ampicillin	83.3	82.7	86.5	86.5	88.9	87.1
Piperacillin	73.2	75.7	77.3	77.7	76.4	78.0
SAM*	47.4	58.2	52.6	48.6	40.8	43.5
Cefazolin	65.8	68.4	72.8	69.6	73.6	74.2
Cefotaxime	61.4	61.9	66.4	65.0	68.9	68.3
Ceftazidime	33.3	36.7	28.4	26.5	27.1	25.6
Cefepime	41.7	46.1	49.8	47.8	45.0	48.6
Aztreonam	41.2	46.2	49.1	44.7	46.0	48.0
Cefoxitin	4.9	6.2	3.9	3.3	7.1	5.0
Imipenem	0.9	0.1	0.0	0.8	0.0	0
Meropenem	0.9	0.1	0.2	0.8	0.0	0
Ertapenem	1.3	0.1	0.3	0.9	0.0	0.2
Amikacin	3.1	4.6	3.8	3.4	5.2	2.6
Gentamicin	39.0	47.0	47.6	45.0	42.7	38.1
Ciprofloxacin	80.7	79.3	80.0	83.4	81.1	84.1
SXT†	36.8	41.8	45.0	45.0	42.0	42.1
Tigecycline	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0
Chloramphenicol	-	-	-	-	5.0	4.0
Tetracycline	-	-	-	-	47.9	44.0

* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole

분포율 (%)



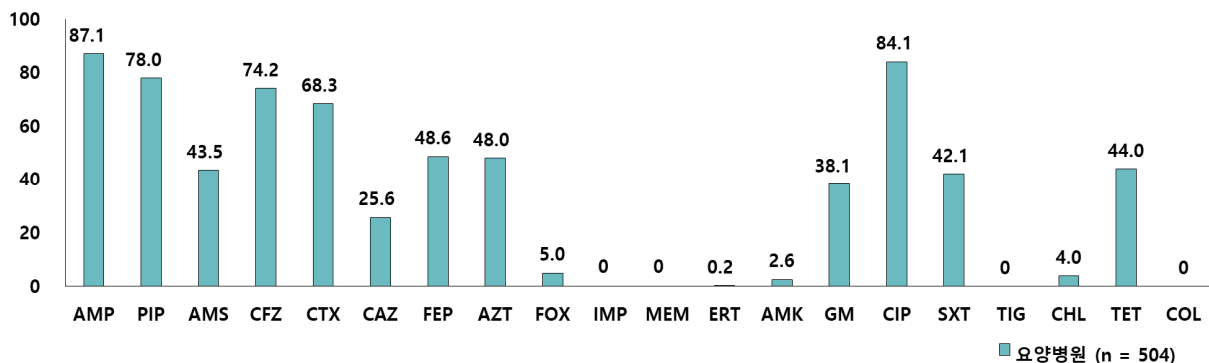
ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

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 3-5. 요양병원 요 분리 *E. coli* 다제내성 분포율

AMP, Ampicillin; 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 3-6. 2021년 요양병원 요 분리 *E. coli* 항균제 내성률

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

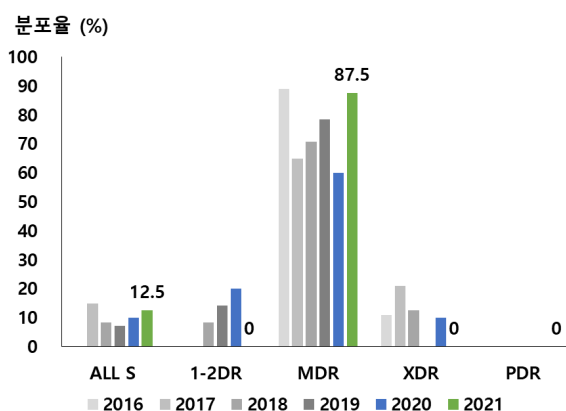
요양병원의 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 cefotaxime, ceftazidime에 대한 내성률은 각각 62.5%, 37.5%이었으며, cefepime에 대한 내성률은 50.0%였다. Carbapenem계 항균제인 imipenem, meropenem 및 ertapenem 내성 균주는 관찰되지 않았다. (표 3-5, 그림 3-8)

표 3-5. 요양병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	9	34	24	14	10	8
Piperacillin	100	85.3	83.3	85.7	70.0	75.0
SAM*	100	82.4	75.0	64.3	50.0	62.5
Cefazolin	100	79.4	83.3	71.4	60.0	75.0
Cefotaxime	100	76.5	70.8	71.4	60.0	62.5
Ceftazidime	100	76.5	75.0	50.0	40.0	37.5
Cefepime	100	73.5	70.8	42.9	30.0	50.0
Aztreonam	100	76.5	70.8	71.4	50.0	62.5
Cefoxitin	33.3	32.4	37.5	7.1	10.0	12.5
Imipenem	11.1	17.6	4.2	0.0	0.0	0.0
Meropenem	33.3	17.6	8.3	0.0	0.0	0.0
Ertapenem	33.3	17.6	8.3	0.0	0.0	0.0
Amikacin	55.6	17.6	8.3	7.1	0.0	0.0
Gentamicin	88.9	44.1	20.8	21.4	20.0	25.0
Ciprofloxacin	22.2	52.9	66.7	57.1	50.0	62.5
SXT†	44.4	35.3	50.0	43.0	40.0	37.5
Tigecycline	0.0	8.8	4.2	0.0	0.0	0.0
Chloramphenicol	-	-	-	-	0.0	25.0
Tetracycline	-	-	-	-	30.0	50.0

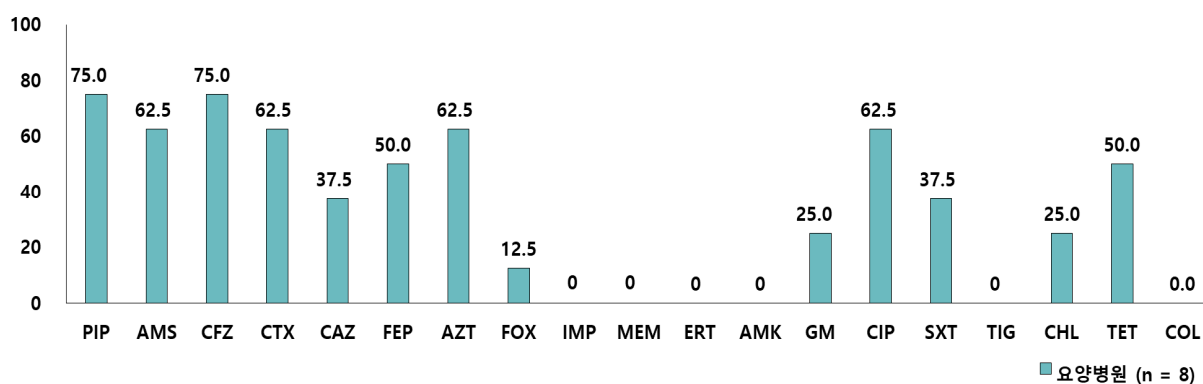
* SAM : Ampicillin-sulbactam

† 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 3-7. 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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 3-8. 2021년 요양병원 혈액 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률

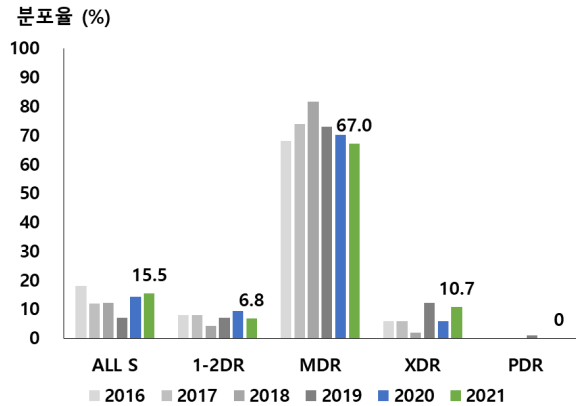
요양병원의 요 분리 *K. pneumoniae*의 piperacillin 내성률은 77.7%였으며, 3세대 cephalosporin인 cefotaxime 내성률이 68.0%, ceftazidime 내성률이 51.5%였다. 요로감염증 환자에 주로 사용되는 ciprofloxacin 내성률은 61.2%로 종합병원의 병원감염분리 균주보다 높았다. 2021년에는 carbapenem계 항균제인 imipenem, meropenem 및 ertapenem 내성균은 1주 수집되었다. (표 3-6, 그림 3-10)

표 3-6. 요양병원 요 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	68	204	164	230	84	103
Piperacillin	72.1	75.7	78.0	85.2	72.6	77.7
SAM*	60.3	73.2	67.1	73.0	65.5	67.0
Cefazolin	63.2	72.8	76.8	83.9	73.8	72.8
Cefotaxime	58.8	66.2	72.0	76.1	67.9	68.0
Ceftazidime	48.5	57.4	50.0	64.3	52.4	51.5
Cefepime	44.1	50.0	51.2	57.4	60.7	54.4
Aztreonam	55.9	57.7	61.6	68.3	63.1	62.1
Cefoxitin	16.2	20.2	15.2	21.7	23.8	19.4
Imipenem	2.9	1.1	1.2	5.7	0.0	1.0
Meropenem	2.9	1.1	1.2	8.3	0.0	1.0
Ertapenem	4.4	1.8	1.2	8.3	0.0	1.0
Amikacin	19.1	18.4	9.1	5.7	9.5	4.9
Gentamicin	45.6	39.7	32.9	32.3	41.7	31.1
Ciprofloxacin	55.9	68.0	64.6	65.2	63.1	61.2
SXT†	51.5	53.7	56.1	56.1	52.4	50.5
Tigecycline	0.0	4.0	3.7	5.7	1.2	5.8
Chloramphenicol	-	-	-	-	15.5	10.7
Tetracycline	-	-	-	-	46.4	44.7

* SAM : Ampicillin-sulbactam

† SXT : Trimethoprim-sulfamethoxazole



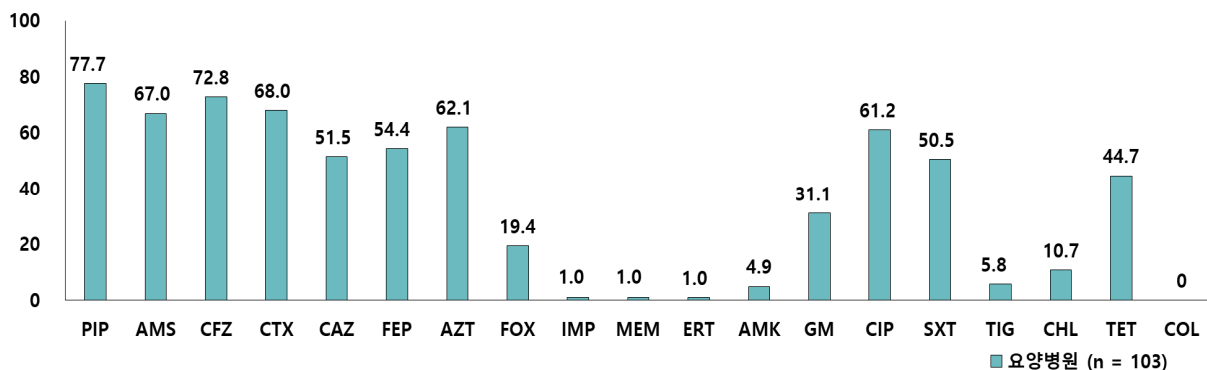
ALL S : 모든 항균제 계열 감수성

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 *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; CHL, Chloramphenicol; TET, Tetracycline

그림 3-10. 2021년 요양병원 요 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률

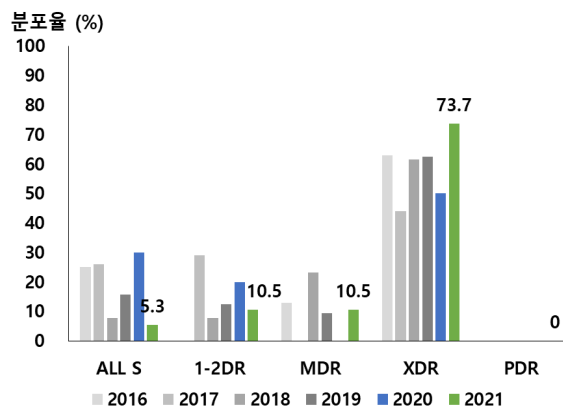
3. 2. 7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

요양병원의 혈액 분리 *P. aeruginosa* 균주는 총 18주가 수집되었으며, carbapenem계열 항균제인 imipenem, meropenem에 대한 내성률은 89.5%로 매우 높았다. (표 3-7, 그림 3-12)

요양병원 혈액 분리 *P. aeruginosa* 중 73.7%가 XDR 균주였다. 이 균주들의 대부분은 carbapenem계 항균제에 내성인 균주로서, 일부 aminoglycoside와 colistin을 제외한 모든 항균제에 대하여 내성을 보였다. (그림 3-11)

표 3-7. 요양병원 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

항균제	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	8	34	13	32	10	18
Piperacillin	62.5	44.1	46.2	62.5	40.0	57.9
Piperacillin-tazobactam	37.5	29.4	38.5	40.6	30.0	10.5
Ceftazidime	62.5	26.5	23.1	53.1	30.0	68.4
Cefepime	12.5	26.5	46.2	31.3	20.0	73.7
Imipenem	62.5	44.1	84.6	56.3	60.0	89.5
Meropenem	75.0	41.2	84.6	56.3	60.0	89.5
Amikacin	50.0	29.4	53.8	56.3	30.0	78.9
Gentamicin	62.5	38.2	38.5	56.3	50.0	84.2
Tobramycin	62.5	35.3	38.5	56.3	50.0	78.9
Ciprofloxacin	50.0	50.0	69.2	53.1	60.0	94.7
Colistin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



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 *P. aeruginosa* 다제내성 분포율

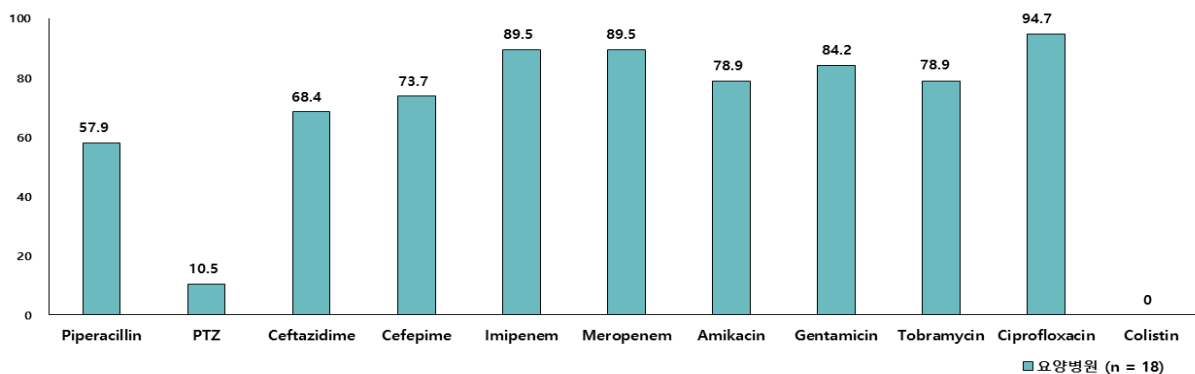


그림 3-12. 2021년 요양병원 *P. aeruginosa* 항균제별 내성률

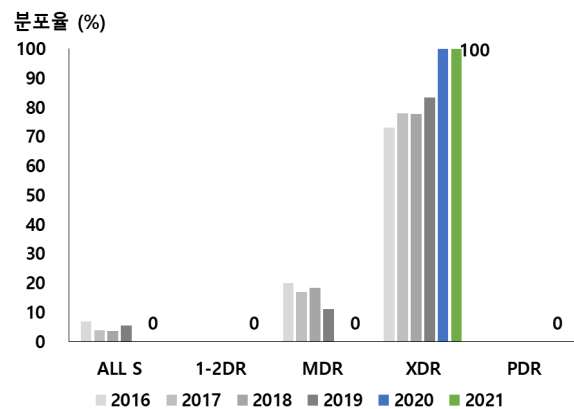
3. 2. 8. 아시네토박터균속(*Acinetobacter* spp.)

요양병원에서 11주의 *A. baumannii*가 수집되었으며, non-*baumannii* *Acinetobacter*는 수집되지 않았다. 수집된 11주의 *A. baumannii*는 모두 imipenem, meropenem에 대하여 내성이었으며, minocycline과 colistin에 대해서는 모두 감수성이었다. (표 3-8, 그림 3-14)

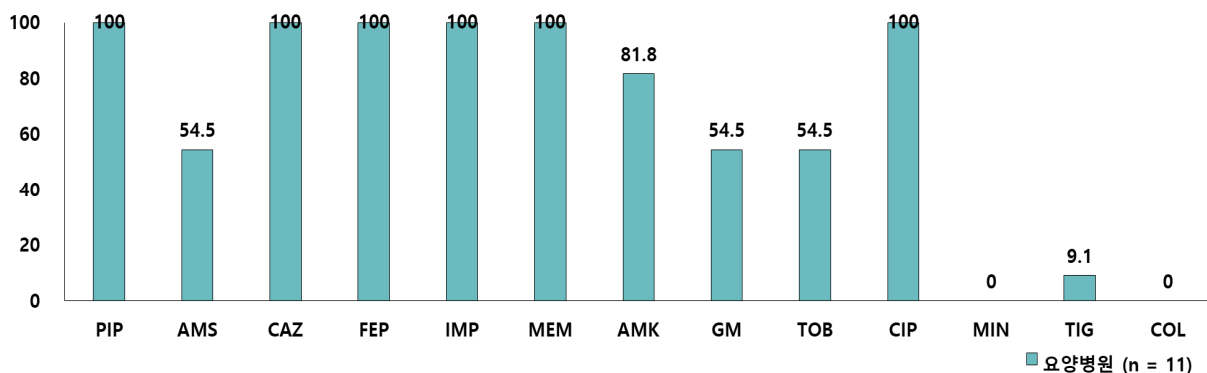
요양병원에서 수집된 모든 *A. baumannii*는 XDR 균주에 해당한다. (그림 3-13)

표 3-8. 요양병원 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

항균제명	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수(N)	15	23	27	36	4	11
Piperacillin	93.3	95.7	96.3	94.4	100	100
Ampicillin-sulbactam	66.7	87.0	63.0	91.7	75.0	54.5
Ceftazidime	86.7	91.3	96.3	91.7	100	100
Cefepime	93.3	95.7	96.3	94.4	100	100
Imipenem	93.3	95.7	88.9	94.4	100	100
Meropenem	86.7	95.7	88.9	94.4	100	100
Amikacin	66.7	78.3	74.1	63.9	50.0	81.8
Gentamicin	53.3	73.9	63.0	47.2	75.0	54.5
Tobramycin	40.0	73.9	51.9	41.7	75.0	54.5
Ciprofloxacin	80.0	95.7	96.3	94.4	100	100
Minocycline	0.0	0.0	3.7	8.3	0.0	0.0
Tigecycline	6.7	2.6	7.4	8.3	0.0	9.1
Colistin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



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 3-13. 요양병원 *A. baumannii* 다제내성 분포율

PIP, Piperacillin; AMS, Ampicillin-sulbactam; CAZ, Ceftazidime; FEP, Cefepime; IMP, Imipenem; MEM, Meropenem; AMK, Amikacin; GM, Gentamicin; TOB, Tobramycin; CIP, Ciprofloxacin; MIN, Minocycline; TIG, Tigecycline; COL, Colistin

그림 3-14. 2021 년 요양병원 *A. baumannii* 항균제별 내성률

3. 2. 9. 살모넬라균속(*Salmonella* spp.)

2021년 요양병원 수집센터에서 *Salmonella* spp.는 수집되지 않았다.

3. 2. 10. 세균성이질균속(*Shigella* spp.)

2021년 요양병원 수집센터에서 *Shigella* spp.는 수집되지 않았다.

3. 2. 11. 임균(*Neisseria gonorrhoeae*)

2021년 요양병원 수집센터에서 *N. gonorrhoeae*는 수집되지 않았다.

3. 2. 12. 칸디다균속(*Candida* spp.)

2021년 요양병원 수집센터에서 *Candida* spp.는 수집되지 않았다.

4

주요 항균제 내성균의 내성률 비교

2021 국가 항균제 내성균 조사

4

주요 항균제 내성균의 내성률 비교

Kor-GLASS에서 종합병원 혈액 분리 균주 중 주요 항균제에 대하여 연도별 내성률을 비교하였다.

Methicillin(cefotaxime) 내성 *S. aureus* (MRSA)는 2000년대 초반에는 약 70% 정도로 보고되었으나, 꾸준히 감소하는 경향을 보였으며, Kor-GLASS 감시체계가 시작된 이후, 2016년 53.5%, 2018년 47.1%, 2020년 47.4%로 감소하는 경향을 보여주고 있고, 2021년에는 45.2%로 감소추세가 지속되고 있다. MRSA의 감소는 전세계적인 추세이며, 적극적인 집락화 예방 처치 및 손위생 등의 감염관리 관리 강화에 따른 결과로 판단된다.

반면 vancomycin 내성 *E. faecium* (VREFM)은 2016년 29.9%에서 꾸준히 증가하여 2019년에는 40.9%로 보고되었으며, 2020년에는 다소 감소하여 38.6%였고, 올해는 37.7%로 비슷하게 유지되었다. VREFM은 병원 내 대표적인 감염관리 대상 다제내성균이었으나, 상대적으로 중요도가 높은 CPE의 증가, 코로나19(COVID-19) 팬데믹 등으로 격리우선순위가 낮아지는 것이 확산의 원인 중 하나일 것으로 판단된다. VREFM의 감염의 경우 치료에 효과적인 항균제가 제한적이기 때문에, 치명률 및 사망률이 높은 것으로 알려져 있다. VREFM의 추가적인 확산 방지를 위한 노력이 필요하다고 생각된다.

2021년 혈액 분리 *E. coli*의 fluoroquinolone 계열 및 cefotaxime 내성률은 각각 41.0%, 36.6%로 2020년보다 조금 감소하였다. 하지만, 혈액 분리 *K. pneumoniae*의 cefotaxime 내성률은 작년에 비해 조금 증가하여 27.6%였다.

Carbapenem 내성 *K. pneumoniae*이 6.8%로 크게 증가하였으며, 대부분 KPC-생성 균주였다. CPE는 전세계적으로 중요도가 가장 높은 다제내성균으로, 국내에는 치료항균제가 도입되어 있지 않아, colistin 등의 약제만이 치료에 사용되고 있다. 내성률의 증가 속도가 매우 빠르기 때문에 치료 항균제의 도입 등의 적극적인 대책이 필요할 것으로 생각된다.

병원감염에서 중요한 병원균인 *P. aeruginosa*의 carbapenem계열 항균제 내성률은 꾸준히 증가하여 2021년에는 36.9%로 보고되었다. 과거에는 대부분 carbapenem-내성 *P. aeruginosa*는 IMP-6를 생성하는 균주의 클론성 확산으로 판단되었으나, 최근에는 GES, NDM 등 다양한 종류의 carbapenemase를 생성하는 균주들의 빈도가 증가하는 것이 보고되고 있다. *A. baumannii*에서 carbapenem 내성률은 87.9%로 여전히 높은 수준이었다. (그림 4-1)

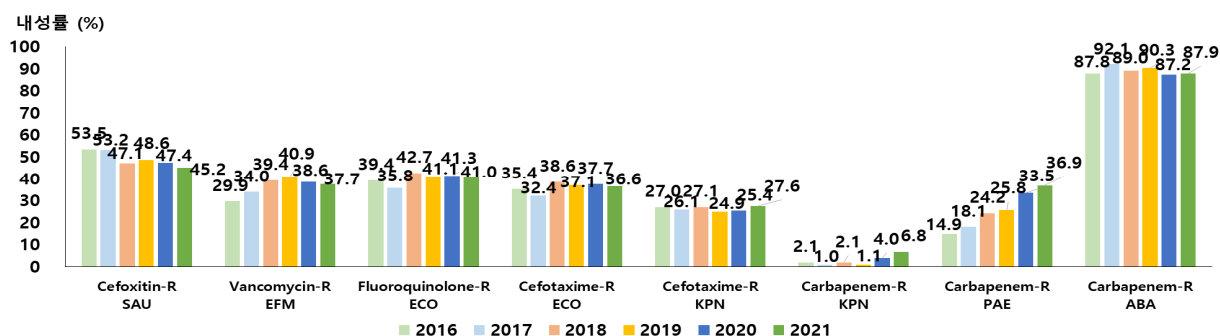


그림 4-1. 2016-2021 Kor-GLASS 균종별 주요 항균제 내성률



시범운영 (임균의 항균제 내성조사)

2021 국가 항균제 내성균 조사

5

시범운영(임균의 항균제 내성조사)

5. 1. 항균제 내성 임균(*Neisseria gonorrhoeae*)

5. 1. 1. 수집 체계 구축

임균은 두 번째로 흔한 세균성 성매개감염병인 임질의 원인균으로, 남성에서는 요도염 등의 비뇨생식기 감염을 일으키며, 여성에서는 자궁경내막염, 골반의 염증성 질환 등 다양한 감염과 합병증을 유발한다. 임균은 전통적으로 임질 치료에 사용하였던 1차 치료제인 penicillin, tetracyclines, fluoroquinolones 등에 내성을 획득하였으며, 1990년대부터는 3세대 extended-spectrum cephalosporins(ESCs)이 임질의 1차 치료제로 권장되어 사용되어 왔다. 그러나 최근 cefixime, ceftriaxone과 같은 ESCs에 대한 내성균의 출현이 보고되고 있어 임균의 항균제 내성은 전 세계적으로 주요한 공중 보건 문제로 떠오르고 있다.

질병관리청은 2016년 7월부터 국내 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS)를 통해 대표성 있는 항균제 내성 정보를 산출하고 매년 WHO에 제공하고 있지만 종합병원을 대상으로 하는 현 조사체계로는 임균이 거의 수집되지 않아 WHO에서 국내 실정에 맞는 임균 조사 전략을 재수립하여 임균 내성 현황 자료를 확보하도록 권고하였다. 세계 각국에서도 이미 Euro-GASP(유럽), GISP(미국), GASP(캐나다), GASSP(아르헨티나), GRASP(영국)등과 같은 별도의 임균 감시체계를 운영 중이며, 1990년에 설립된 WHO GASP는 2009년부터 글로벌 임균 감시 네트워크를 구성하고 점차 확대해나가고 있다.

국내에서도 임균의 항균제 내성 현황을 파악하고자 지속가능하고 국내 실정에 맞는 임균 감시체계를 구축하여 4개월 동안 시범운영 하였다. 임균 수집 및 표준화된 검사법을 적용하기 위해 표준검사실 1개 기관을 지정하였고, 1차 의료기관으로부터 임균 검사 위탁을 받아 검사를 시행하는 전국 검사전문기관 6개 기관에서 PCR 검사 결과 양성으로 확인된 요도 및 자궁경부 면봉 검체를 이용하여 당일 임균 배양을 실시하였다. Modified Thayer-Martin 배지 및 chocolate 배지에서 72시간 배양 후 MALDI-TOF MS (matrix-Assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry)를 이용하여 동정을 실시하고, 분리된 임균은 20% skim milk등 보존배지에 현탁한 후 표준검사실로 운송하였다. 표준검사실에서는 배양된 임균을 대상으로 재동정 및 항균제 감수성 검사를 수행하였으며 내성 기전 및 특성 분석을 시행하였다. 외부시험관리센터를 통해 내부 시험관리를 실시(Interlaboratory Proficiency Testing, IPT)하여 수집된 데이터의 표준화 및 신뢰성을 확보하였다.

5. 1. 2. 항균제 내성률

2021년 1월부터 4월까지 총 657건의 검체에서 임균 125주를 분리하였다. 임균의 성별 분포를 확인하였을 때, 남성에서 91주, 여성에서 34주로 남성에서의 분리빈도가 2.6배 높았다. 임균이 분리된 환자의 성별에 따른 연령 분포는 남성의 경우 평균연령 29.7세(SD±10.1)로 20-40세가 대부분이었고, 여성의 경우 평균연령 36.8세(SD±15.8)로 20-50대로 넓게 분포하였다.

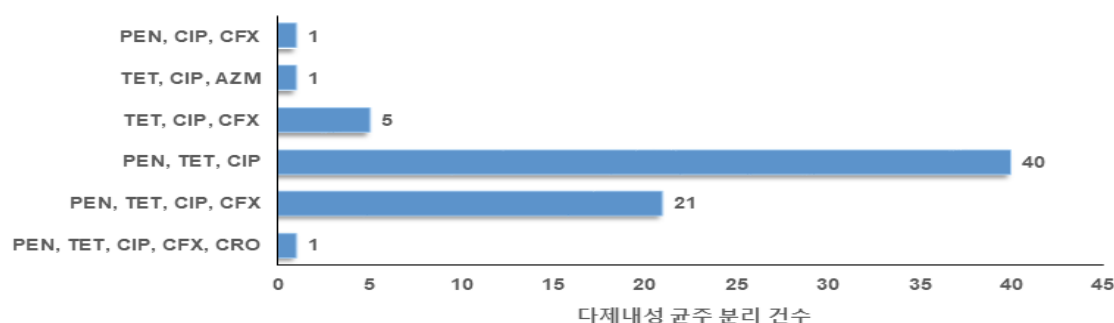
임균의 penicillin에 대한 내성률은 52.8%였고, 페니실린분해효소 생성 균주(penicillinase-producing *Neisseria gonorrhoeae*, PPNG)의 비율은 11%였다. Tetracycline과 ciprofloxacin 내성률은 각각 94.4%로 대부분이 MDR이었다. Spectinomycin에 대한 내성은 확인되지 않았으며, oral cephalosporin인 cefixime에 비감수성인 균주는 23.2%였고, ceftriaxone에 비감수성인 균주는 1주 확인되었다. Cefixime 내성인 균주는 모두 penicillin-binding protein(PBP) 2를 인코딩하는 *penA* 유전자의 변이를 나타냈으며 모자이크형(mosaicism) *penA*-10,001(72.4%) 및 *penA*-34,001(17.2%)가 가장 흔하였다. 모든 Ciprofloxacin에 내성인 균주에서 QRDR(quinolone resistance-determining region) 부위의 변이가 관찰되었다. 가장 흔한 변이형은 *gyrA*의 91번 아미노산이 serine에서 phenylalanine으로, 95번 아미노산이 aspartic acid에서 glycine으로, 그리고 *parC*의 87번 아미노산이 serine에서 arginine으로 변화된 것으로 확인되었다. (표 5-1)

임균 중 MDR 균주는 55.2%로 확인되었으며 penicillin, tetracycline, ciprofloxacin의 3계열의 항균제에 내성을 보이는 균주가 가장 많았고, cefixime과 ceftriaxone에 모두 감수성이 저하된 균주도 1주 확인되었다. (그림 5-1)

표 5-1. *N. gonorrhoeae* 항균제 내성률(%)

항균제	분리 건수(%) (n=125)		
	감수성	중간내성	내성
Penicillin G	0 (0)	59 (47.2)	66 (52.8)
Ciprofloxacin	3 (2.4)	4 (3.2)	118 (94.4)
Spectinomycin	125 (100)	0 (0)	0 (0)
Tetracycline	1 (0.8)	6 (4.8)	118 (94.4)
Cefixime	96 (76.8)	-	29 (23.2)
Ceftriaxone	124 (99.2)	-	1 (0.8)
Azithromycin	124 (99.2)	0 (0)	1 (0.8)

CLSI M100-S26을 기준으로 내성률을 분석하였으며, azithromycin의 경우 EUCAST를 참고함



TET, Tetracycline; CIP, Ciprofloxacin; CFX, Cefixime; AZM, Azithromycin; PEN, Penicillin G; CRO, Ceftriaxone

그림 5-1. *N. gonorrhoeae* 다제내성 분포

제 2 장

KARMS

Korean Antimicrobial Resistance
Monitoring System, 2021

2021 국가 항균제 내성정보 모니터링

요약문

중소병원, 요양병원, 의원외 항균제 내성추이

내성률과 내성양상 분석을 위해 2007-2009년은 2개 임상검사센터에서, 2010년부터는 5개 임상검사센터에서 내성정보를 수집하여 중소·요양병원, 의원 대상 항균제 내성 추이를 분석하였다.

S. aureus 2021년 내성률은 대부분 항균제에서 대체로 전년 대비 감소하는 양상을 보였다. Oxacillin 내성률(MRSA) 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 55.5%, 85.0%, 31.1%로, 2020년보다 9.4%p, 3.8%p, 12.5%p 감소하였고, 요양병원, 중소병원, 의원 순으로 높았다.

E. faecalis Ampicillin 내성률은 모든 의료기관 종별에서 1% 이하를 유지하고 있으며, 2021년에는 중소병원 0.1%, 요양병원 0.4%, 의원 0.0%로 나타났다. 2021년 vancomycin 내성률은 중소병원, 요양병원, 의원에서 모두 감소하여 각각 1.3%, 15.9%, 0.3%로 나타났다.

E. faecium Vancomycin 내성률의 경우 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 60.8%, 88.6%, 54.4%로 전년 대비 감소하였으나, 여전히 높은 내성률을 보였다. Ampicillin과 ciprofloxacin 내성률은 중소병원 각 94.9%, 94.7%, 요양병원 각 98.4%, 99.2%로 90% 이상으로 높았으며, 의원에서도 각 77.1%, 78.4%로 높았다.

S. pneumoniae Penicillin G 내성률은 2021년 중소병원, 요양병원에서 15.9%, 65.1%로 전년 대비 소폭 감소하였다. 의원에서의 penicillin G 내성률은 전년 대비 18.2%로 큰 폭으로 상승한 것으로 확인되었으나, 수집된 균주 수가 적어 내성률 해석에 유의할 필요가 있다. Erythromycin 내성률은 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 89.9%, 91.3%, 100.0%로 높은 수준을 유지하였다.

E. coli 의료기관 종별 관계없이 모든 항균제에서 전년 대비 내성률이 감소하였다. Cefotaxime과 ceftazidime 내성률은 중소병원 각 35.7%, 16.7%, 요양병원 각 76.0%, 49.8%, 의원 각 18.2%, 5.5%로 나타났으며, fluoroquinolone계 내성률은 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 53.3%, 86.8%, 39.9%였다.

K. pneumoniae 의료기관 종별 관계없이 대부분 항균제에서 전년 대비 내성률이 감소하였다. Cefotaxime과 ceftazidime 내성률은 중소병원 각 50.0%, 45.4%, 요양병원 각 82.8%, 78.0%, 의원 각 23.2%, 18.2%로 나타났다. Imipenem 내성률은 중소병원 19.4%, 요양병원 41.3%, 의원 3.2%로 전년 대비 감소하였지만, 중소·요양병원에서 여전히 높은 내성률을 보였다.

E. cloacae Cefotaxime과 ceftazidime 내성률은 의료기관 종별 상관없이 증가하거나 비슷한 수준을 유지하여, 중소병원 각 28.6%, 24.3%, 요양병원 각 56.0%, 46.4%, 의원 각 33.2%, 13.3%로 나타났다. 요양병원 imipenem 내성률은 17.1%로 지속 증가하고 있으며, 중소병원, 의원에 비해 높게 나타났다.

P. aeruginosa 2021년 내성률은 의료기관 종별 관계없이 대부분 항균제에서 내성률이 감소하거나 비슷한 수준을 유지하였고, 요양병원 fluoroquinolone계 내성률에서 소폭 증가(2.3%p)하여 69.4%로 나타났다. 중소병원, 요양병원, 의원에서 imipenem 내성률은 각각 42.2%, 50.7%, 17.9%로, meropenem 내성률은 각각 38.7%, 46.9%, 16.8%로 나타났다.

A. baumannii 중소병원, 요양병원의 2021년 내성률은 전년과 비슷하였고, 의원에서는 amikacin 내성률이 증가하여 42.1%(21.6%p)로 나타났다. 중소·요양병원, 의원에서 imipenem 내성률은 각각 73.5%, 87.9%, 42.0%로, meropenem 내성률은 각각 73.9%, 88.4%, 43.0%로 나타났다.

법정감염병 원인균 항균제 내성추이

장내세균은 수인성·식품매개 감염병 병원체감시사업(Enter-Net) 및 질병관리청 세균분석과에서 수집한 균주를 대상으로 항균제 내성균을 분석하였고, 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)과 카바페넴 내성 장내세균(CRE)은 2020년 1월 감염병예방법 개정에 따라 제2급감염병으로 변경되어 전수감시체계가 운영되고 있다. 2021년 시·도보건환경연구원으로 수집된 균주로 항균제 내성 정보를 분석하였다.

장내세균

Salmonella Typhi 2021년 분리된 *Salmonella Typhi*는 총 2주로 모두 gentamycin, cefotaxime, ciprofloxacin 항균제에는 감수성을 보였고, 그 중 1주는 ampicillin, nalidixic acid 항균제에 내성이 확인되었다. Cefotaxime 내성균은 2020년까지 지속 확인되었으나, 2021년도에 분리되지 않았다.

Non-typhoidal *Salmonella* 2021년 비장티푸스성 살모넬라균에서 SXT, ciprofloxacin 내성률은 증가하였으며, 그 외 모든 항균제에서 내성률이 감소한 것을 확인하였다.

Shigella spp. 2021년 *S. sonnei*는 확인되지 않았으며, *S. flexneri*는 2주 확인되었다. 확인된 2주 모두 ampicillin과 tetracycline에 내성을 보였으며, cefotaxime, SXT, chloramphenicol에서는 2주 중 1주만 내성을 보였다.

Campylobacter jejuni 2021년 내성률은 nalidixic acid, ciprofloxacin에서 각각 81.3%, 81.8%로 높은 수준을 유지하였고, tetracycline 내성률은 전년 대비 6.5%p 증가하여 27.7%로 나타났다.

실험실 전수감시

VRSA 확인 진단으로 의뢰된 6주 중 3주가 VISA로 검출되었으며, VRSA는 검출되지 않았다.

CRE 2021년 CRE/CPE 확인동정 의뢰된 22,152건 중 20,902건이 CRE로 확인되었으며, 18,099건이 CPE로 확인되었다. 2021년 국내에서 확인된 카바페넴 분해효소 유전자형은 KPC형이 14,799건으로 가장 많았으며, NDM형은 2,655건, OXA형은 351건, IMP형 30건, VIM형 16건, GES형이 10건 순으로 확인되었다.



서론

2021 국가 항균제 내성정보 모니터링

1

서론

1. 1. 배경

2009년 국내에서 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 전 세계적으로 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 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA), 메티실린 내성 황색포도알균(MRSA), 반코마이신 내성 장알균(VRE), 카바페넴 내성 장내세균목(CRE), 다제내성 녹농균(MRPA), 다제내성 아시네토박터바우마니균(MRAB) 총 6종의 다제내성균을 표본 감시대상으로 지정하고 주간 단위로 감시하기 시작했다. 또한 2011년 『2009년 국가항균제내성정보 연보, KARMS 2009 Annual Report』를 시작으로, 매년 우리나라 주요 내성균의 내성 현황 및 추이에 대한 자료를 지속적으로 수집·분석하여 관련 분야 연구자 및 보건의료인 등에 종합적인 정보를 제공하고 있다. 이를 위해 질병관리청의 정보자원과 함께, 관련 학회, 의과대학, 병원, 임상검사센터 등 유관기관 전문가들의 협조를 통해 전국 다기관 네트워크(종합병원 - 직접 항균제 감수성 검사 시행, 중소병원, 요양병원, 의원 - 임상검사센터에서 항균제 감수성 검사 시행)에서 주요 의료 관련 감염병 원인균에 대한 내성정보를 수집하여 내성률을 산출하고 제공하였으며, 2016년부터는 국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 도입으로 중복되는 종합병원을 제외한 전국 중소병원, 요양병원, 의원의 내성률을 임상검사센터 의뢰 결과를 토대로 분석하여 연보 형태로 제공하고 있다. 그 밖에도 장내세균 내성 감시, 제2급감염병(VRSA, CRE) 정보를 종합 분석하여, 함께 이러한 정보를 바탕으로 국내 항균제 내성의 문제점을 파악하고, 항균제 내성의 특성과 역학 등 연구 기반을 제공하고 내성균 관리의 질적 향상에 유용하게 활용될 수 있도록 하였다.

1. 2. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구축

국내 최초의 종합병원 항균제 내성(Antimicrobial resistance, AMR) 감시 시스템인 KARMS는 2002년도에 질병관리본부(現 질병관리청) 기획과제로 시작되었고, 2003년에서 2007년 식품의약품안전처 용역기간을 거쳐 2008년부터 다시 질병관리본부(現 질병관리청)에서 국가지원 감시체계를 시작하였다. 2009년부터는 국내 종합병원과 중소병원, 요양병원, 의원의 주요 내성균 내성현황 및 추이 정보를 연보 형태로 발간하였으며, KARMS에 참여한 종합병원을 2002년 8개에서 2015년에는 37개로 확대하는 등 국내 항균제 내성 감시에 중요한 역할을 담당하였다. 2016년부터 국제기준에 맞춰 시작한 새로운 감시 시스템인 국가 항균제 내성균 조사(Kor-GLASS) 사업을 운영하게 되면서, 2017년 연보부터는 중복되는 종합병원 균주 수집과 내성률 분석을 제외하고, 임상검사센터에 의뢰된 균주의 감수성 결과자료를 바탕으로 한 전국 중소병원, 요양병원, 의원의 항균제 내성 현황 및 추이에 대한 정보를 제공하고 있다.

1. 3. 국가 항균제 내성균 내성정보(KARMS) 구성 및 운영

KARMS는 국내 의료기관 내 감염 주요 원인균과 법정 감염병 원인균의 항균제 내성 정보를 분석하는 사업으로서, 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. 2021년도에 수집된 내성정보는 1,071개 중소병원, 594개 요양병원, 2,984개 의원에서 의뢰된 검사 결과에서 수집되었다. 일부 병원에서 중복으로 임상검사센터에 의뢰가 가능하기 때문에 중복 건수가 포함될 수 있어 동일병원 3개월 내 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 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net) 및 질병관리청 세균 분석과에서 수집한 균주를 대상으로 항균제 내성균을 분석하였고, 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)과 카바페넴 내성 장내세균목(CRE)은 2021년 시·도보건환경연구원으로 수집된 균주로 항균제 내성정보를 분석하였다.

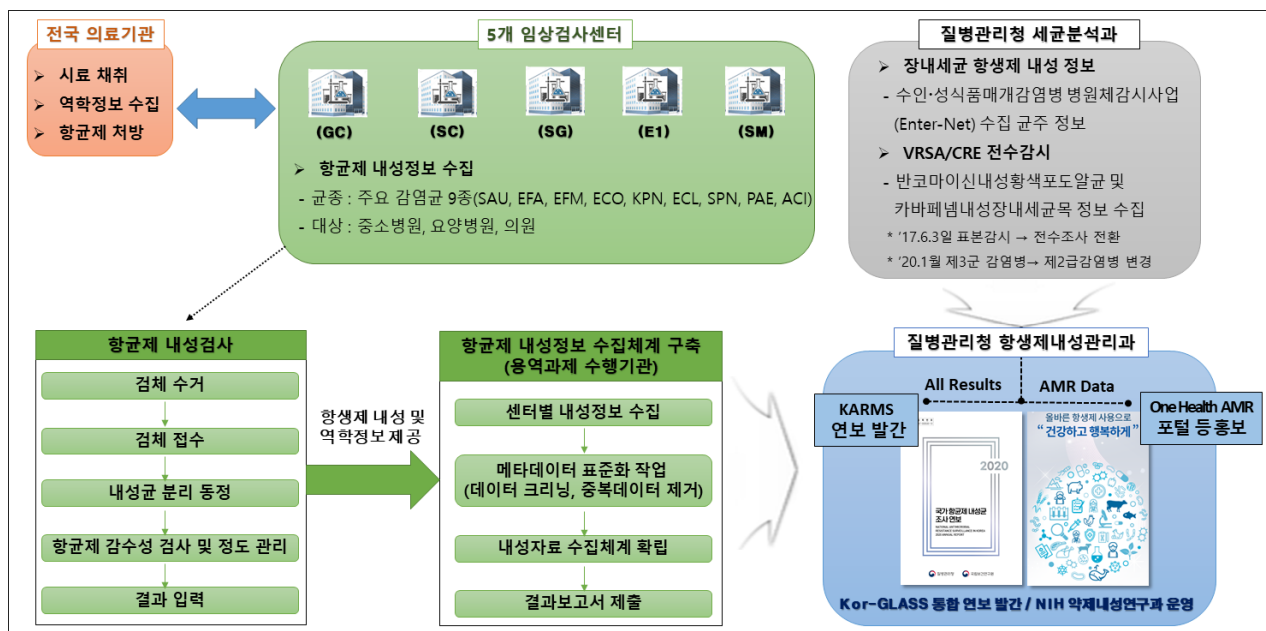


그림 1-1. 국가 항균제 내성균 내성정보 모니터링(KARMS) 운영 체계

2

병원 내 감염의 주요 원인균

2021 국가 항균제 내성정보 모니터링

2

병원 내 감염의 주요 원인균

2. 1. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 중소병원

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

균혈증, 폐렴 등을 일으키는 의료관련감염의 주요 원인균으로 중소병원 2021년 주요 분리원은 호흡기(33.2%), 상처(24.9%), 농양(18.6%) 검체 순으로 확인되었다. Oxacillin 내성률(MRSA)은 55.0%로 나타났으며, 모든 항균제 내성률이 전년에 비해 감소한 것으로 확인되었다. (표 2-1, 그림 2-1)

표 2-1. 중소병원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin	65.4	10,288	62.7	9,147	56.6	9,066	59.1	11,122	53.6	8,215	50.7	9,885	53.4	12,050	53.9	13,502	64.9	19,257	55.0	16,143
Penicillin G	95.8	10,246	94.8	7,919	93.8	8,122	94.0	8,497	91.5	8,302	92.4	9,727	93.3	13,834	91.4	11,589	93.2	19,263	89.6	16,144
Erythromycin	57.8	10,038	55.3	8,961	48.1	8,858	48.5	10,918	41.3	8,121	42.1	11,382	42.8	14,743	40.6	13,301	49.9	19,022	35.0	15,957
Clindamycin	37.2	10,072	32.8	9,295	28.6	8,858	30	10,927	24.9	8,124	24.3	11,384	26.6	14,743	19.9	13,301	26.6	19,024	19.5	15,958
Gentamicin	47.7	10,275	43.5	9,146	34.1	9,067	35.8	11,124	29.4	8,452	30.3	11,589	30.4	14,983	25.1	13,504	33.7	19,263	28.8	16,143
Ciprofloxacin	49.0	10,279	46.7	9,141	39.0	9,060	40.4	11,113	36.9	8,507	38.1	11,575	42.1	14,979	34.9	13,487	49.3	19,243	42.1	16,128
Tetracycline	47.2	10,250	44.4	9,148	35.4	9,060	35.8	11,115	28.7	8,295	27.4	11,577	30.9	14,980	22.5	13,489	29.8	8,261	22.6	16,126
Rifampin	3.6	10,250	3.4	9,147	3.0	9,067	2.8	11,124	3.6	8,218	3.0	11,589	3.3	14,983	1.8	13,505	3.1	19,263	2.5	16,144
SXT†	4.8	10,275	4.2	9,141	3.8	9,067	5.9	11,126	5.6	8,536	4.2	11,587	4.4	14,983	4.4	13,506	6.1	19,263	4.6	16,143
Vancomycin*	0.0	10,288	0.0	9,147	0.0	9,067	0.0	11,125	0.3	8,302	0.0	11,589	0.0	14,983	0.0	13,507	0.0	19,264	0.0	16,144
Linezolid	0.1	10,154	0.1	9,141	0.1	9,068	0.1	11,126	0.1	8,304	0.1	11,589	0.1	14,983	0.1	13,506	0.1	19,264	0.1	16,144
QDA‡	0.2	10,152	0.0	9,315	0.1	9,068	0.1	11,126	0.4	8,281	0.0	11,589	0.1	14,983	0.1	13,505	0.1	19,263	0.0	16,144
Mupirocin#	5.2	5,547	12.1	7,004	8.1	9,028	11.6	11,083	10.4	8,170	11.6	11,366	13.9	13,834	15.0	11,589	21.8	16,700	17.8	9,709

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

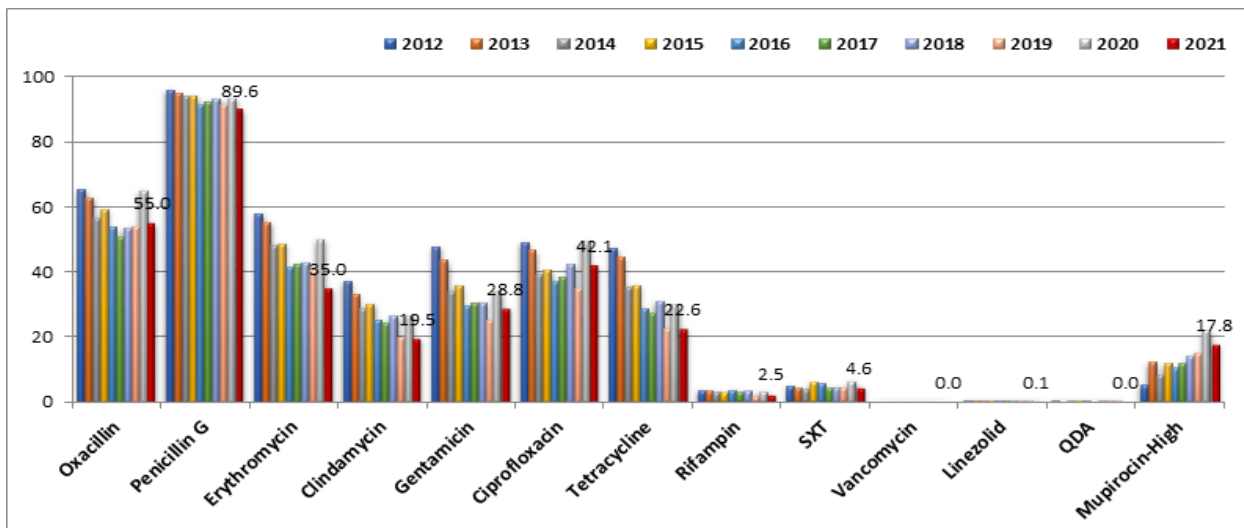
† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ VISA(Vancomycin intermediate *Staphylococcus aureus*)

: 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%), 2020(0.0%), 2021(0.0%)

§ Quinupristin-dalfopristin

EUCAST에 따라 내성률 산출

그림 2-1. 중소병원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

면역 저하 환자, 만성 기저질환자에서 요로감염이나 균혈증 등을 일으키는 기회 감염균으로 국내에서는 *E. faecium*이나 *E. faecalis*가 주로 확인된다. 2021년 주요 분리원은 소변(66.3%), 대변(15.3%), 비뇨·생식기계(6.0%) 검체 순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

Ampicillin 내성률은 꾸준히 낮은 수준을 유지하고 있으며, 2021년에는 0.1%로 나타났다. Ciprofloxacin 내성률은 21.6%이고, 고농도 gentamicin 내성률은 53.2%로 2015년 이후 지속 감소하였다. 고농도 streptomycin 내성률은 2011년 이후 감소추세를 보이며 2021년에는 15.0%로 나타났으며, tetracycline 내성률은 85.9%로 나타났다. Vancomycin 내성률은 2020년 4.2%로 5배 이상 증가한 듯 보였으나, 2021년 다시 1.3%로 감소하였으며, linezolid 내성률은 0.7%로 전년과 유사하였다. (표 2-2, 그림 2-2)

표 2-2. 중소병원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	0.7	5,502	0.8	5,077	1.1	5,599	0.6	6,777	4.3	5,985	0.7	8,585	1.0	11,113	0.3	10,269	0.3	12,528	0.1	13,976
Ciprofloxacin	32.0	5,288	32.5	4,273	35.4	5,482	33.1	6,626	31.4	5,898	29.5	8,057	27.5	10,553	23.4	9,711	26.6	11,743	21.6	13,380
Gentamicin-High [†]	65.1	5,438	64.1	4,405	62.7	5,486	64.4	6,149	63.0	5,191	61.6	8,020	58.9	10,607	57.4	9,278	57.0	11,376	53.2	12,946
Streptomycin-High [†]	26.6	5,431	23.1	4,402	20.4	5,588	17.6	6,759	18.4	5,758	18.4	8,565	17.8	11,078	16.7	10,249	16.8	12,489	15.0	13,927
Tetracycline	90.1	5,289	89.9	4,279	88.7	5,578	89.7	6,631	87.8	5,659	87.5	8,058	87.4	10,554	87.0	9,713	86.3	11,740	85.9	13,378
Vancomycin	0.6	5,503	0.6	4,421	1.0	5,600	2.4	6,778	1.9	5,805	1.2	8,583	1.7	11,113	0.8	10,280	4.2	12,528	1.3	13,977
Linezolid	0.3	5,446	0.4	4,415	0.2	5,599	0.2	6,777	0.4	5,803	0.4	8,584	0.4	11,112	0.6	10,282	0.7	12,528	0.7	13,979

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상감사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

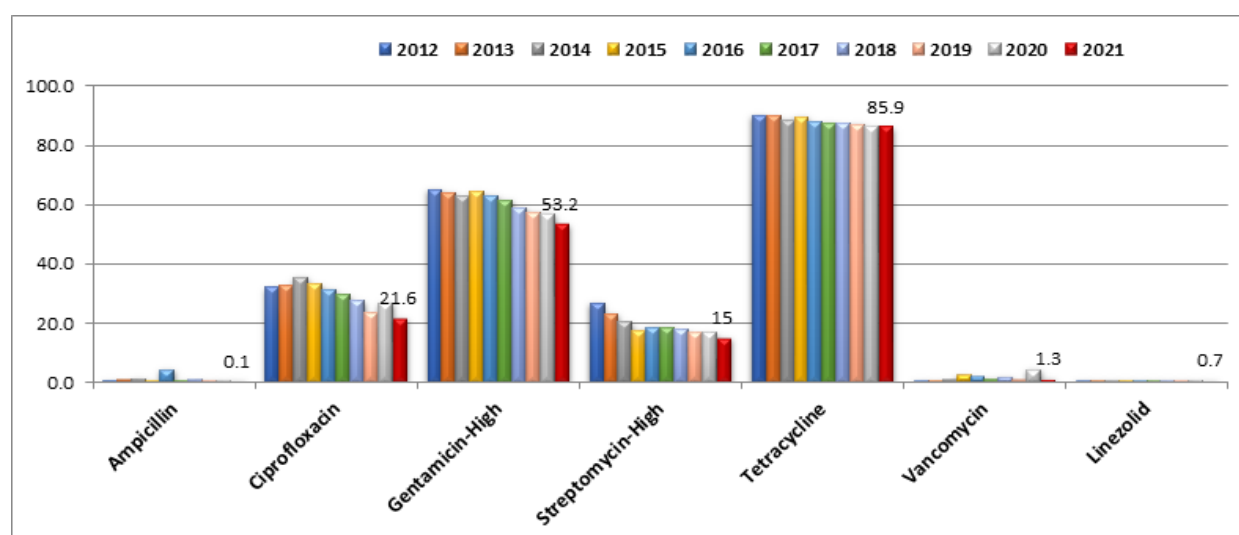


그림 2-2. 중소병원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

Enterococcus faecium

Ampicillin, ciprofloxacin 내성률은 2011년 이후 90.0% 이상으로 높게 나타나고 있다. 고농도 gentamicin 내성률은 2007년 85.7% 이후 대체로 감소추세를 보여 2021년 50.1%로 나타났으며, 고농도 streptomycin과 tetracycline 내성률 역시 지속 감소추세로 2021년 각각 7.8%, 17.1%로 나타났다. Vancomycin 내성률은 60.8%로 전년 대비 감소하는 양상을 보였으며, QDA와 linezolid 내성률은 각각 6.5%, 0.1%로 나타났다. (표 2-3, 그림 2-3)

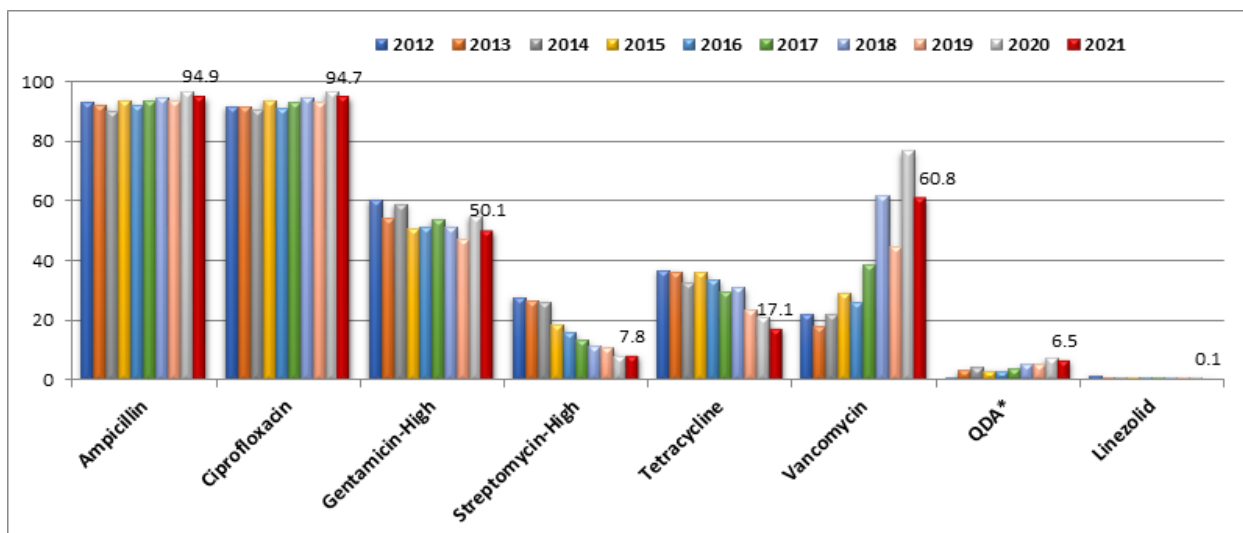
표 2-3. 중소병원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	93.0	2,704	92.0	2,111	90.0	2,671	93.5	3,830	91.8	3,374	93.6	4,896	94.5	9,075	93.6	5,267	96.4	15,048	94.9	9,561
Ciprofloxacin	91.7	2,637	91.4	2,036	90.7	2,597	93.7	3,769	90.9	3,330	92.8	4,083	94.7	7,191	93.2	4,752	96.4	12,644	94.7	8,406
Gentamicin-High [†]	60.4	2,664	54.0	2,101	58.8	2,658	50.5	3,505	51.3	2,938	53.7	4,549	51.2	8,658	46.9	4,636	54.8	14,289	50.1	8,691
Streptomycin-High [†]	27.5	2,656	26.2	2,092	26.1	2,647	18.6	3,817	15.6	3,243	13.2	4,874	11.1	9,034	10.7	5,246	8.0	14,974	7.8	9,515
Tetracycline	36.6	2,637	36.1	2,037	32.5	2,599	35.8	3,770	33.3	3,194	29.4	4,081	30.8	7,192	23.2	4,752	20.8	12,559	17.1	8,403
Vancomycin	22.0	2,704	17.7	2,110	22.1	2,670	29.0	3,833	25.8	3,277	38.6	4,896	61.7	9,075	44.4	5,266	76.8	15,048	60.8	9,561
QDA [‡]	0.4	2,671	3.2	2,206	4.0	2,552	2.9	3,722	2.8	2,898	3.6	4,875	5.2	9,075	5.1	5,265	7.1	15,048	6.5	9,559
Linezolid	1.4	2,603	0.3	2,109	0.1	2,668	0.1	3,831	0.2	3,278	0.2	4,896	0.1	9,075	0.4	5,267	0.3	15,048	0.1	9,561

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상검사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

‡ Quinupristin-dalfopristin

그림 2-3. 중소병원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 3. 폐렴사슬알균(*Streptococcus pneumoniae*)

폐렴사슬알균은 세균성 폐렴의 가장 흔한 원인균으로 지역사회획득 폐렴, 균혈증, 뇌수막염, 중이염, 부비강염 등을 일으키는 주요 병원균이나, 수집 검체수는 지속적으로 감소하는 추세이다. 2021년 주요 분리원은 호흡기(62.5%), 혈액(26.1%), 상처 및 농양(각 2.3%) 검체순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 15.9%로 2020년에 비해 감소하였다. Erythromycin 내성률은 2021년 89.8%로 전년 대비 3.1%p 증가하여 계속 높은 내성률을 보였고, tetracycline, SXT 내성률은 각각 75.0%, 48.3%로 나타났다. (표 2-4, 그림 2-4)

표 2-4. 중소병원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	19.8	358	5.8	308	4.7	495	8.5	247	7.3	329	11.8	364	10.1	347	9.5	338	18.7	171	15.9	82
Erythromycin	82.6	497	82.5	583	83.0	500	84.9	510	86.0	413	83.6	529	87.1	496	86.2	507	86.7	173	89.8	88
Tetracycline	74.8	496	77.2	587	75.2	501	79.1	511	78.1	421	75.8	538	79.5	497	76.9	503	69.4	173	75.0	88
SXT†	56.3	204	50.8	587	40.6	501	47.9	511	48.0	425	43.3	538	44.8	498	42.5	506	48.6	173	48.3	87
Ofloxacin	7.4	207	NT‡	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	1.9	498	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	1.8§	168§	3.1§	64§
Vancomycin	0.0	358	0.0	587	0.0	501	0.0	511	0.0	420	0.0	538	0.0	498	0.0	506	0.0	173	0.0	88

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ Not tested

§ 자동화장비 패널 변경(AST ST-01→ST03)으로 감수성 검사 결과 추가

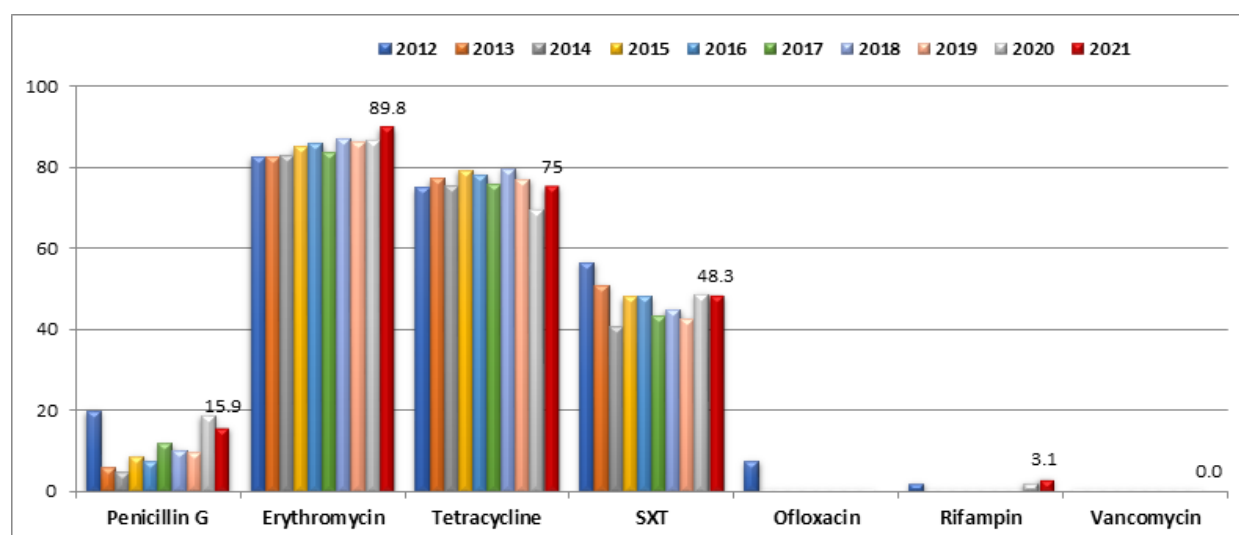


그림 2-4. 중소병원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 4. 대장균(*Escherichia coli*)

대장균은 지역사회 또는 원내 요로감염에서 가장 흔하게 분리되는 그람음성균으로서 2000년대 부터 의료환경 내에서 extended-spectrum beta-lactamase(ESBL) 생성균의 발생 및 확산이 문제가 되고 있다. 2021년 주요 분리원은 소변(81.6%), 혈액(5.3%), 호흡기(3.5%) 검체순으로 확인되었다. Cefotaxime, ceftazidime, cefoxitin, cefepime 내성률은 각각 35.7%, 16.7%, 8.8%, 9.9%로 작년보다 모두 감소하였다. Fluoroquinolone계 내성률은 53.3%였고, imipenem 내성률은 1.9%로 확인되었다. (표 2-5, 그림 2-5)

표 2-5. 중소병원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	1.3	16,173	1.1	21,593	1.0	22,290	0.8	31,178	0.9	24,270	0.6	36,302	4.1	51,008	0.5	48,371	1.2	41,265	0.7	62,191
Gentamicin	33.1	16,175	32.2	21,594	31.3	22,289	32.2	31,178	31.2	24,460	31.2	36,301	31.3	51,008	28.8	48,370	31.6	41,262	28.1	62,190
Fluoroquinolone†	50.2	16,876	58.4	20,656	48.7	22,291	51.4	31,178	47.7	24,572	47.9	36,302	56.5	51,008	46.2	48,369	55.4	41,255	53.3	62,185
Ampicillin	74.1	16,169	73.2	21,569	71.2	22,284	73.7	31,171	71.6	24,285	71.8	36,297	74.5	51,005	70.7	48,369	74.1	41,252	68.5	62,185
Cefotaxime	34.5	16,174	35.4	21,700	33.2	22,288	37.6	31,217	36.8	24,351	37.0	36,301	41.0	51,005	36.3	48,369	43.5	41,262	35.7	62,189
Ceftazidime	17.9	16,174	17.8	21,698	25.8	22,291	18.4	31,216	17.6	24,342	17.3	36,301	21.2	51,008	16.7	48,370	24.4	41,263	16.7	62,191
Cefoxitin	11.6	15,657	10.1	18,697	10.0	22,284	10.0	31,173	9.6	24,159	9.4	27,617	12.3	51,004	9.7	48,369	14.8	41,233	8.8	62,188
Aztreonam	22.8	16,169	14.2	16,029	21.0	16,135	22.7	22,509	22.9	16,713	23.1	27,610	25.6	39,191	22.4	39,358	28.5	30,882	22.2	52,990
Cefepime	11.3	16,174	12.0	21,698	21.5	22,289	13.6	31,219	10.9	24,339	11.0	36,301	13.3	51,009	9.8	48,371	15.2	41,258	9.9	62,190
Imipenem	0.0	16,173	0.0	21,704	0.0	22,284	0.1	31,215	0.9	24,453	0.5	36,292	2.8	51,008	1.0	48,364	6.5	41,253	1.9	62,182
SXT‡	38.9	16,165	38.9	21,558	37.5	22,284	39.3	31,161	38.6	24,577	38.1	36,290	40.1	51,004	39	48,365	40.2	41,254	36.3	62,171

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

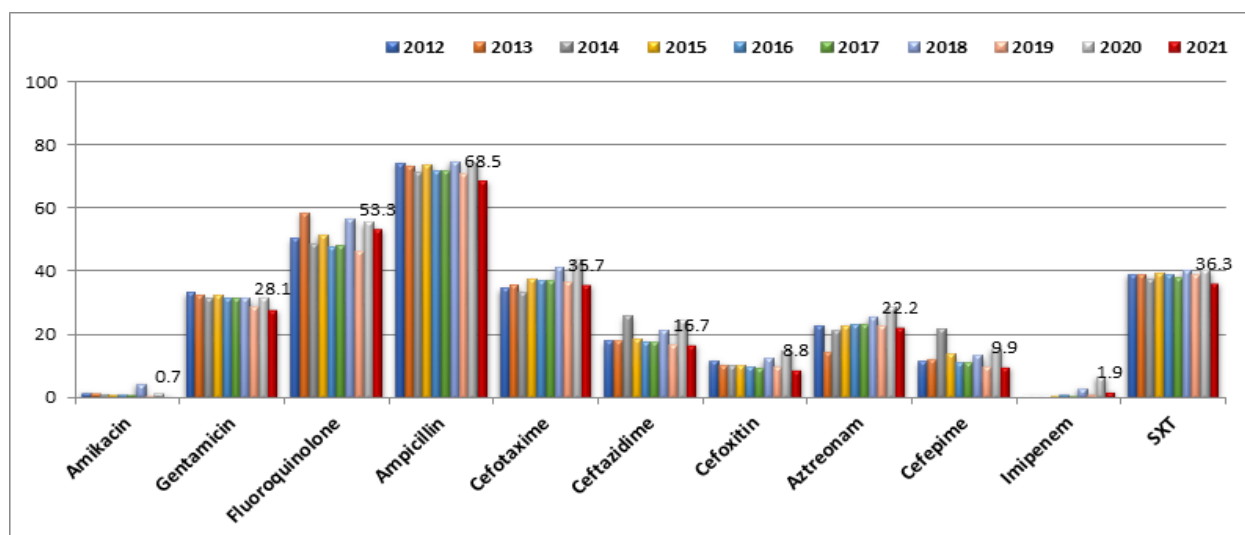


그림 2-5. 중소병원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 5. 폐렴막대균(*Klebsiella pneumoniae*)

폐렴막대균은 면역력이 저하된 환자들에 잘 감염되고 호흡기 혹은 요로감염을 유발하며 그람음성균에 의한 폐렴, 요로감염의 주요 원인균이다. 2021년 주요 분리원은 호흡기(39.4%), 소변(36.6%), 대변(9.9%) 검체순으로 확인되었다. Cefotaxime, ceftazidime, cofoxitin의 내성률은 각각 50.0%, 45.4%, 25.5%로 2020년보다 감소하였다. 2020년에 34.5%로 크게 증가했던 imipenem 내성률은 2021년에 19.4%로 감소했으나, 여전히 높은 내성률을 보였다. (표 2-6, 그림 2-6)

표 2-6. 중소병원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	19.9	7,803	11.9	10,433	13.3	9,458	10.7	13,730	7.6	9,389	6.8	13,155	7.0	17,106	3.6	15,568	4.0	17,817	2.6	20,835
Gentamicin	30.2	7,803	25.4	10,433	28.7	9,457	25.6	13,729	24	9,526	20.3	13,154	26.7	17,105	19.7	15,567	33.8	24,290	24.6	20,834
Fluoroquinolone†	39.3	8,244	39.9	9,910	42.1	9,458	40.8	13,729	37.9	9,582	36.4	13,156	47.9	17,106	33.4	15,567	60.5	24,285	52.9	20,830
SXT‡	28.6	7,803	26.8	10,405	26.5	9,455	27.6	13,729	28.1	9,593	24.9	13,152	34.6	17,106	26.8	15,566	45.2	24,288	36.2	20,831
Cefotaxime	49.1	7,803	45.9	10,573	44.4	9,457	46.0	13,732	43.1	9,441	40.8	13,154	51.4	17,106	38.4	15,566	63.5	24,290	50.0	20,833
Ceftazidime	45.9	7,803	42.2	10,575	40.5	9,457	42.3	13,732	37.5	9,430	36.8	13,155	47.7	17,106	33.6	15,566	59.9	24,290	45.4	20,834
Cefepime	18.7	7,803	17.8	10,575	24.3	9,456	24.7	13,732	22.8	9,431	23.3	13,155	31.7	17,106	22.9	15,565	46.3	24,291	33.1	20,834
Cefoxitin	26.7	7,478	20.0	8,291	18.5	9,454	19.0	13,725	17.2	9,227	13.8	10,022	25.1	17,106	17.0	15,564	40.6	24,287	25.5	20,834
Aztreonam	46.5	7,802	35.4	7,463	38.2	6,298	39.6	9,824	36.0	6,644	33.9	10,025	40.3	11,804	31.1	12,616	54.3	17,816	43.7	17,629
Imipenem	0.3	7,803	0.2	10,550	0.3	9,449	1.4	13,732	3.3	9,485	3.8	13,152	17.5	17,106	7.9	15,557	34.5	24,260	19.4	20,819

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

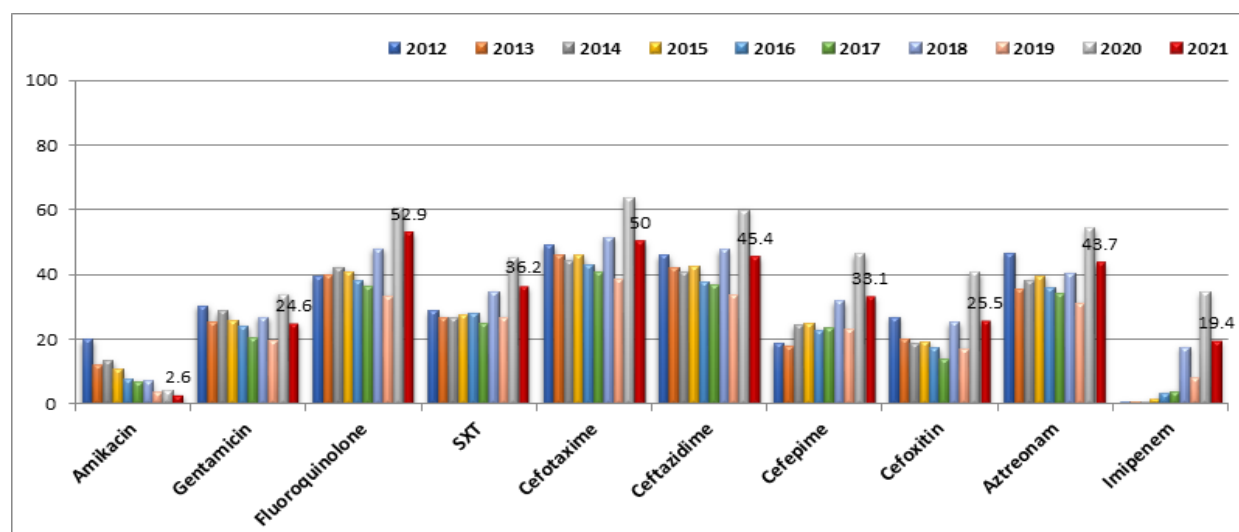


그림 2-6. 중소병원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

엔테로박터균은 면역력이 저하된 환자들에 잘 감염되고 중환자실 장기입원환자에서 감염을 일으켜 이환률과 사망률을 높인다. 또한 지역사회 감염의 원인균으로 요로감염, 피부감염 등을 유발한다. 2021년 주요 분리원은 호흡기(29.1%), 소변(27.2%), 상처(18.8%) 검체 순으로 확인되었다. Cefotaxime과 fluoroquinolone의 내성률은 각각 28.6%, 22.3%로 전년에 비해 증가하였다. 이외 STX 내성률은 14.0%로 2020년보다 소폭 감소하였으며, ceftazidime, aztreonam 내성률은 2020년과 비슷하거나 소폭 증가하였다. Imipenem 내성률은 작년 3.3%로 점차 증가하였으나 2021년 2.6%로 소폭 감소하였다. (표 2-7, 그림 2-7)

표 2-7. 중소병원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	3.4	2,050	2.1	2,064	1.4	1,999	1.0	2,596	1.4	2,065	3.1	2,629	2.2	3,238	0.9	3,360	2.1	3,560	1.1	3,395
Gentamicin	8.9	2,049	10.7	2,064	7.5	1,999	7.8	2,596	8.7	2,093	9.1	2,630	12.7	3,238	5.4	3,361	7.0	3,560	6.5	3,395
Fluoroquinolone [†]	9.1	2,122	8.1	1,996	12	1,999	9.7	2,596	13.0	2,153	9.1	2,130	14.9	3,238	9.9	3,360	16.1	3,560	22.3	3,394
SXT [‡]	18.2	2,050	18.3	2,060	17.6	1,999	14.0	2,596	16.2	2,154	11.7	2,630	15.5	3,238	11.4	3,361	16.2	3,560	14.0	3,394
Cefotaxime	26.7	2,050	27.7	2,076	28.8	1,999	25.8	2,601	26.0	2,075	24.0	2,630	30.2	3,237	21.3	3,360	27.6	3,560	28.6	3,395
Ceftazidime	18.5	2,050	21.4	2,076	21.9	1,999	20.7	2,601	19.5	2,074	19.1	2,629	25.2	3,238	17.0	3,361	24.0	3,560	24.3	3,395
Cefepime	3.7	2,050	6.6	2,064	8.4	1,999	8.1	2,596	6.2	2,074	7.1	2,630	10.0	3,238	6.8	3,361	10.0	3,560	9.1	3,395
Aztreonam	20.0	2,051	18.7	1,667	20.6	1,474	20.5	2,006	20.8	1,549	19.0	2,130	23.8	2,745	16.0	2,958	22.5	3,112	24.3	3,012
Imipenem	0.3	2,050	0.4	2,067	0.3	1,995	0.3	2,601	1.9	2,134	1.6	2,630	2.7	3,238	1.2	3,361	3.3	3,557	2.6	3,392

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

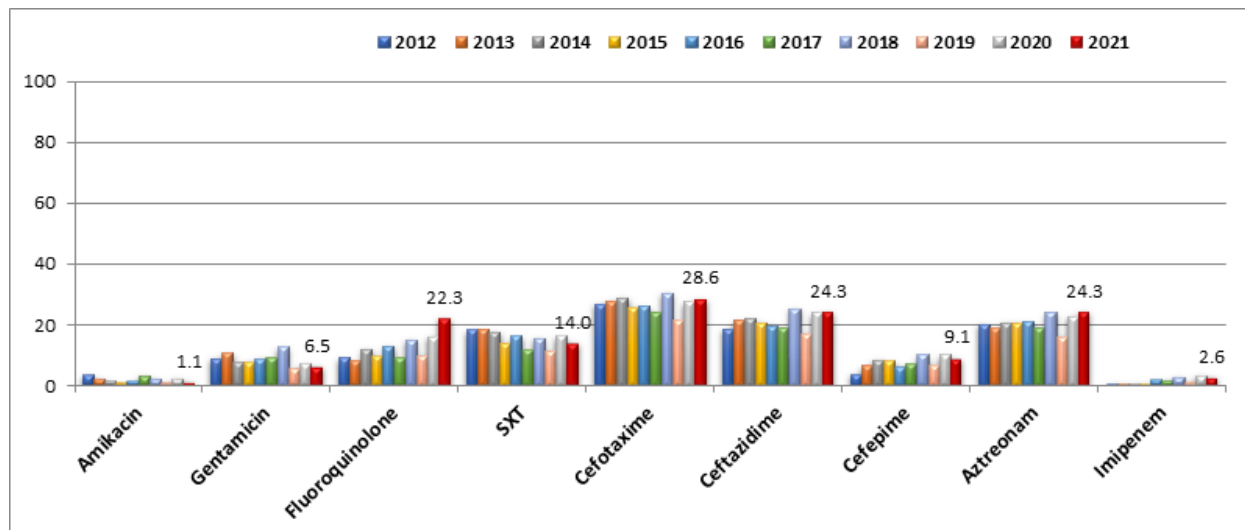


그림 2-7. 중소병원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

녹농균은 비발효성 그람음성균으로서 자연계에 널리 존재한다. 특히 면역력이 저하된 환자에서 여러 감염증을 잘 일으키는 기회 감염균이며 의료 관련 감염의 주요 원인균이다. 2021년 주요 분리원은 호흡기(47.1%), 소변(31.7%), 상처(8.7%) 검체 순으로 확인되었다. 전반적인 항균제 내성률은 2020년 대비 감소하였으나, 2019년 이전과 비교하였을 때, colistin을 제외하고 모두 증가하였다. Fluoroquinolone 내성률은 49.7%로 나타났고, ceftazidime과 cefepime 내성률은 각각 32.7%, 32.4%로 감소하였다. Carbapenem계 항균제는 2010년 이후 꾸준히 증가하는 추세이며, imipenem, meropenem에 대한 2021년 내성률은 각각 42.2%, 38.7%로 전년 대비 감소하였으나, 높은 내성률을 유지하고 있다. Colistin 내성률은 0.4%로 나타났다. (표 2-8, 그림 2-8)

표 2-8. 중소병원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	22.5	10,505	19.3	9,225	22.0	8,115	26.2	13,146	21.1	8,070	24.2	6,961	25.2	11,710	21.0	6,848	29.8	20,304	25.5	14,885
Gentamicin	32.5	10,497	29.1	9,225	28.9	8,116	34.5	13,149	27.9	8,227	30.6	6,957	30.4	11,709	24.8	6,845	36.6	20,332	31.0	14,883
Fluoroquinolone†	48.1	5,002	38.8	9,162	44.2	8,118	52.6	13,143	43.6	8,259	47.5	6,950	53.5	11,712	40.9	6,843	56.2	20,331	49.7	14,877
Piperacillin	38.5	10,473	39.2	8,476	38.7	6,070	49.0	9,692	38.6	5,891	39.0	6,962	44.1	11,699	33.6	6,843	48.2	13,025	41.6	10,399
Aztreonam	25.9	10,457	26.7	9,106	24.2	8,055	28.0	13,097	23.2	8,052	27.6	6,934	35.3	11,665	24.5	6,816	36.1	20,309	26.6	14,846
Ceftazidime	26.2	10,507	24.9	9,229	22.0	8,117	29.5	13,149	23.0	8,095	28.1	6,961	33.2	11,707	25.0	6,848	38.8	20,342	32.7	14,883
Cefepime	26.9	10,512	24.5	9,233	23.9	6,076	39.9	9,692	24.4	8,098	29.3	6,963	33.8	11,712	27.2	6,850	39.2	20,313	32.4	14,884
Imipenem	41.9	10,501	43.7	9,218	38.0	8,090	47.3	13,134	37.9	8,116	42.2	6,945	51.8	11,680	38.3	6,833	52.4	20,337	42.2	14,877
Meropenem	30.7	10,479	30.1	9,076	26.6	7,632	41.0	13,114	32.6	7,943	37.5	6,949	46.5	11,682	33.5	6,833	47.6	20,331	38.7	14,876
Colistin	2.9	7,961	3.0	8,030	1.8	8,086	1.8	13,124	0.9	7,931	1.0	5,953	2.2	7,505	0.7	4,937	0.2	15,624	0.4	10,946

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

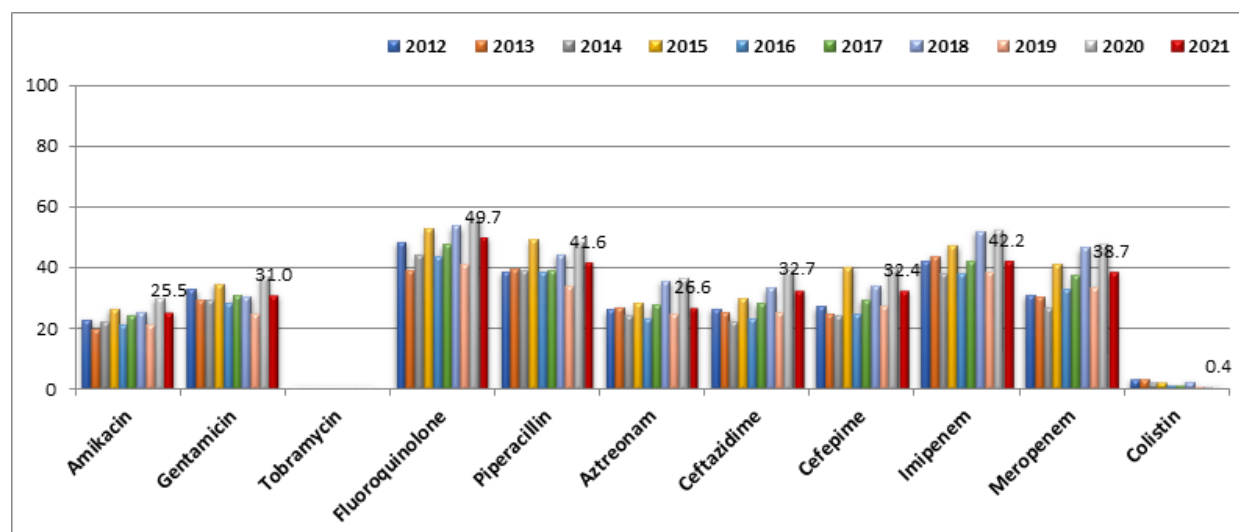


그림 2-8. 중소병원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

2. 1. 8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

아시네토박터균은 폐렴, 요로감염, 균혈증, 창상감염 등의 다양한 감염증을 유발하며 의료관련 감염의 주요 원인균이다. 2021년 주요 분리원은 호흡기(62.5%), 상처(15.9%), 소변(10.4%), 검체순으로 확인되었다. Ceftazidime 내성률은 72.2%로 2020년보다 소폭 감소하였다. Carbapenem계 항균제 내성률도 증가 추세를 보였다가 2019년 감소했었으나, 2020년 다시 증가하여 2021년 imipenem 내성률은 73.5%, meropenem 내성률은 73.9%로 비슷한 수준을 유지하고 있다. Fluoroquinolone 내성률은 꾸준히 70% 내외를 유지하고 있으며, 2021년 76.8%로 작년과 비슷한 수준을 유지하고 있다. (표 2-9, 그림 2-9)

표 2-9. 중소병원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	29.9	3,620	32.4	3,387	43.8	3,620	40.7	3,866	32.5	2,333	39.7	2,006	39.0	2,727	31.1	1,799	36.1	2,487	33.4	1,864
Gentamicin	62.3	5,823	62.3	5,311	61.6	5,506	63.6	8,014	56.2	5,179	53.9	6,382	63.0	10,454	47.9	6,273	63.3	8,774	58.6	6,990
Fluoroquinolone†	70.1	2,151	72.2	5,312	70.4	5,505	73.6	8,012	68.9	5,225	69.9	6,375	76.5	10,451	62.6	6,272	77.7	8,772	76.8	6,985
Piperacillin	68.2	5,801	68.5	5,304	70.6	4,110	71.2	7,379	65.8	4,980	65.8	6,379	73.9	10,454	59.5	6,274	75.5	8,775	75.1	6,990
Ceftazidime	66.6	5,822	67.2	5,311	65.7	5,506	68.4	8,014	62.0	5,161	63.5	6,382	72.1	10,454	58.1	6,273	73.7	8,775	72.2	6,990
Cefepime	60.9	5,824	62.7	5,312	66.3	4,121	69.1	7,915	63.3	5,161	65.7	6,382	73.5	10,454	59.4	6,274	74.4	8,766	73.2	6,990
Imipenem	59.3	5,822	61.4	5,310	72.9	4,794	69.3	7,728	61.1	5,200	63.4	6,381	72.0	10,453	57.7	6,274	74.0	8,774	73.5	6,988
Meropenem	59.0	5,805	61.3	5,303	63.3	5,351	67.8	7,999	63.2	4,994	63.8	6,380	72.3	10,453	58.0	6,270	74.4	8,774	73.9	6,990
Colistin	1.3	5,213	0.9	5,290	2.6	5,474	0.4	7,463	0.5	4,962	0.4	5,693	0.2	8,325	0.4	5,199	0.5	6,730	0.2	5,000

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

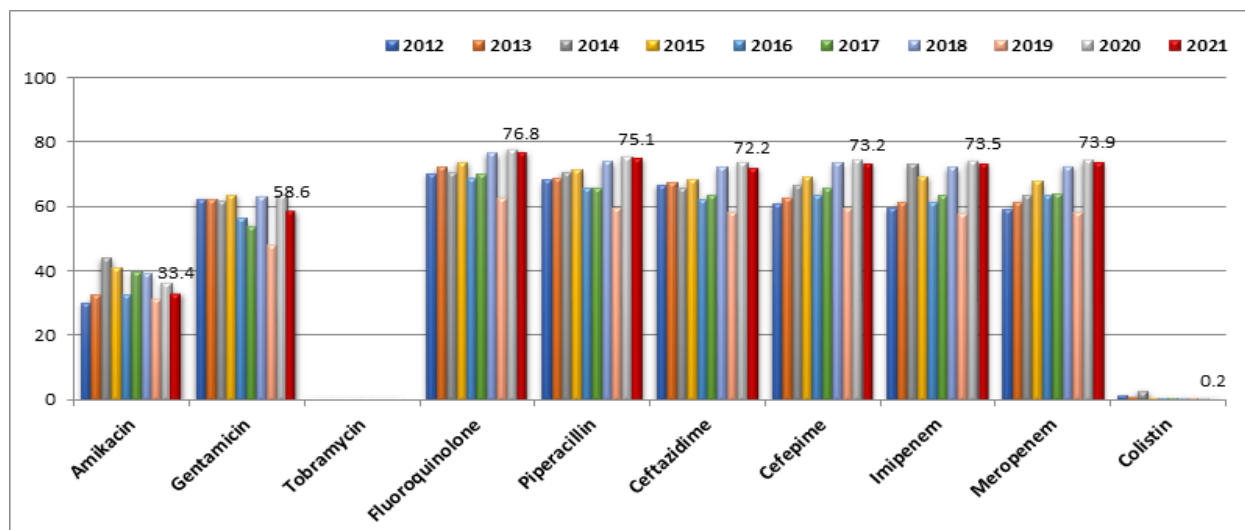


그림 2-9. 중소병원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

2. 2. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 요양병원

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

2021년 요양병원의 내성률 조사에서 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)의 주요 분리원은 호흡기(66.3%), 상처(10.8%), 혈액(9.8%) 검체순으로 확인되었다. Oxacillin 내성률(MRSA)은 85.0%로 나타났다. Mupirocin 내성률은 2011년부터 꾸준히 증가하는 추세로 2021년에는 29.7%로 나타났다. Erythromycin, gentamicin, clindamycin, tetracycline 내성률은 각각 52.0%, 43.8%, 23.8%, 17.9%로 2020년 대비 각각 12.5%p, 2.2%p, 8.1%p, 13.1%p로 감소하였다. Fluoroquinolone 계열인 ciprofloxacin의 내성률은 79.1%로 여전히 높은 수준을 유지하고 있다. (표 2-10, 그림 2-10)

표 2-10. 요양병원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin	80.6	1,753	77.4	1,466	79.0	1,422	80.3	2,214	77.9	1,540	80.1	1,619	78.3	1,344	86.0	1,994	88.8	3,676	85.0	2,975
Penicillin G	97.9	1,740	96.7	1,292	97.1	1,086	97.1	1,580	95.9	1,556	96.9	1,426	97.7	1,708	97.1	1,470	97.4	3,678	96.6	2,975
Erythromycin	69.2	1,684	63.1	1,413	65.1	1,368	63.5	2,156	56.1	1,514	56.5	1,759	58.1	1,794	61.7	1,939	64.5	3,585	52.0	2,923
Clindamycin	48.0	1,692	40.0	1,436	38.7	1,368	38.0	2,156	35.6	1,515	31.8	1,759	28.4	1,794	28.6	1,939	31.9	3,585	23.8	2,923
Gentamicin	59.3	1,753	56.5	1,466	55.9	1,422	49.4	2,213	47.5	1,581	45.5	1,804	41.5	1,821	42.7	1,990	46.0	3,677	43.8	2,974
Ciprofloxacin	68.1	1,754	65.8	1,465	70.3	1,422	71.0	2,213	70.6	1,596	75.4	1,804	78.2	1,820	80.3	1,993	82.0	3,676	79.1	2,973
Tetracycline	57.1	1,740	49.4	1,466	47.9	1,422	42.2	2,214	37.2	1,556	31.4	1,804	29.3	1,822	24.7	1,992	31.0	703	17.9	2,974
Rifampin	4.5	1,738	5.6	1,466	4.9	1,422	6.3	2,214	4.2	1,540	4.3	1,804	4.5	1,822	3.2	1,994	2.4	3,677	3.2	2,975
SXT†	3.6	1,754	2.5	1,465	2.3	1,422	2.4	2,213	4.8	1,599	5.2	1,804	5.2	1,821	6.2	1,994	9.3	3,677	7.3	2,974
Vancomycin‡	0.0	1,754	0.0	1,466	0.0	1,422	0.0	2,214	0.4	1,557	0.0	1,804	0.0	1,822	0.0	1,994	0.1	3,678	0.0	2,975
Linezolid	0.1	1,740	0.1	1,465	0.0	1,422	0.0	2,214	0.0	1,557	0.0	1,804	0.1	1,822	0.4	1,994	0.1	3,678	0.0	2,975
QDA§	0.1	1,738	0.1	1,485	0.0	1,422	0.1	2,214	0.5	1,554	0.1	1,804	0.2	1,822	0.2	1,994	0.0	3,677	0.1	2,975
Mupirocin#	9.5	1,055	11.6	1,022	15.3	1,421	15.6	2,213	18.1	1,529	20.8	1,759	23.1	1,708	26.1	1,470	27.7	2,556	29.7	1,705

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ VISA(Vancomycin intermediate *Staphylococcus aureus*)

: 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%), 2020(0.03%)

§ Quinupristin-dalfopristin

EUCAST에 따라 내성률 산출

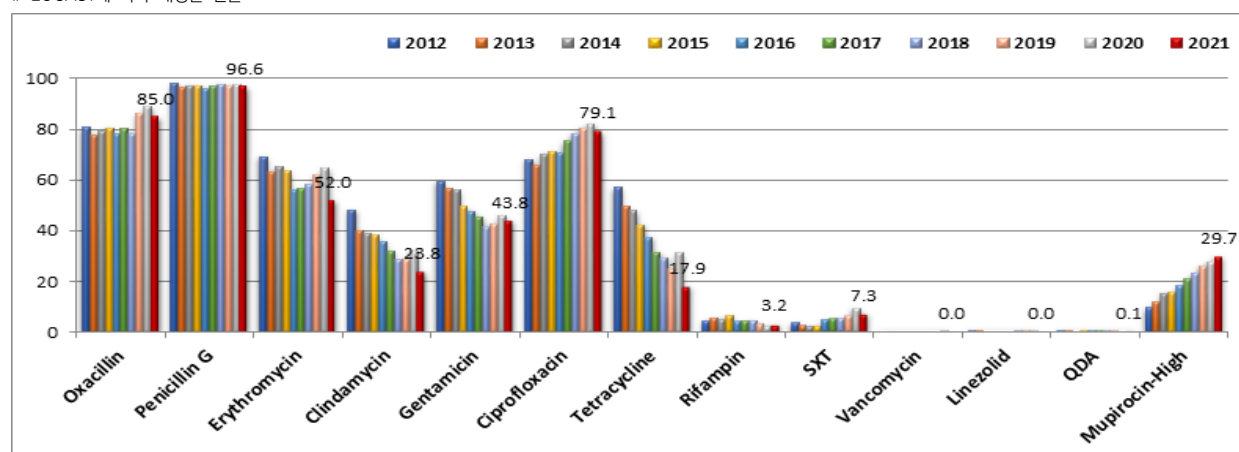


그림 2-10. 요양병원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

2. 2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

2021년 요양병원의 내성률 조사에서 장알균(*E. faecalis*, *E. faecium*) 주요 분리원은 대변(55.1%), 소변(34.8%), 혈액(4.0%) 검체순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

Ampicillin 내성률은 2021년에는 0.4%로 나타났다. Ciprofloxacin 내성률은 2007년 58.4% 이후 증가하는 추세로 2020년에는 82.5%로 나타났으나, 2021년은 전년 대비 소폭 감소하여 77.3%였으며 여전히 높은 내성률을 유지하였다. 고농도 gentamicin 내성률은 75.8%로 전년도 보다 소폭 증가하였다. Vancomycin 내성률은 15.9%로 2020년 29.2%에 비해 감소하였지만, 여전히 중소병원(1.3%), 의원(0.3%)보다 높은 내성률을 나타냈다. (표 2-11, 그림 2-11)

표 2-11. 요양병원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	0.6	772	0.8	613	1.9	611	0.7	935	3.5	752	0.7	721	1.1	912	0.9	1,043	0.6	1,854	0.4	1,566
Ciprofloxacin	74.7	746	78.1	554	77.6	570	79.6	891	71.5	736	76.7	644	71.8	734	76.4	901	82.5	1,441	77.3	1,313
Gentamicin-High [†]	73.9	765	72.3	561	72.6	571	72.4	811	75.0	628	80.0	629	62.2	833	73.2	869	74.1	1,573	75.8	1,305
Streptomycin-High [†]	38.7	763	30.1	557	22.2	609	22.0	931	21.1	730	21.5	717	15.0	912	21.2	1,032	21.7	1,843	16.5	1,547
Tetracycline	93.8	747	94.7	554	92.9	607	92.8	891	91.8	718	92.5	644	90.9	734	91.6	901	94.3	1,442	93.3	1,314
Vancomycin	0.9	772	2.8	563	1.9	611	9.9	935	6.6	740	9.0	720	20.1	911	10.9	1,048	29.2	1,854	15.9	1,567
Linezolid	0.7	768	1.0	563	0.5	611	0.0	935	0.7	740	0.4	721	0.2	912	0.4	1,048	0.4	1,854	0.3	1,567

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상감사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

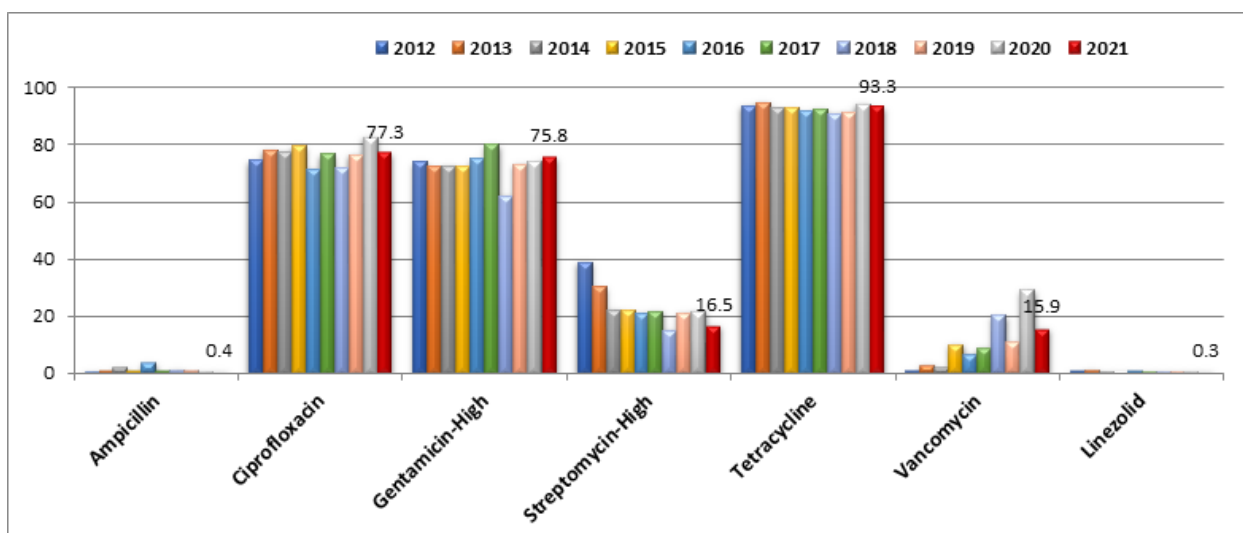


그림 2-11. 요양병원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

Enterococcus faecium

Ampicillin과 ciprofloxacin의 내성률은 2010년 이후 90% 이상으로 매우 높게 나타나고 있으며, 고농도 gentamicin 내성률은 2007년 93.6% 이후 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나, 2017년 이후 다시 조금씩 증가하여 2021년에는 57.7%로 나타났다. 고농도 streptomycin과 tetracycline 내성률은 각각 7.9%와 14.5%로 나타났다. Vancomycin 내성률은 2007년 20.5% 이후로 점차 증가하여 높은 수준을 유지하고 있으며, 2021년에는 88.6%였다. QDA와 linezolid 내성률은 각각 9.1%와 0.2%로 나타났다. (표 2-12, 그림 2-12)

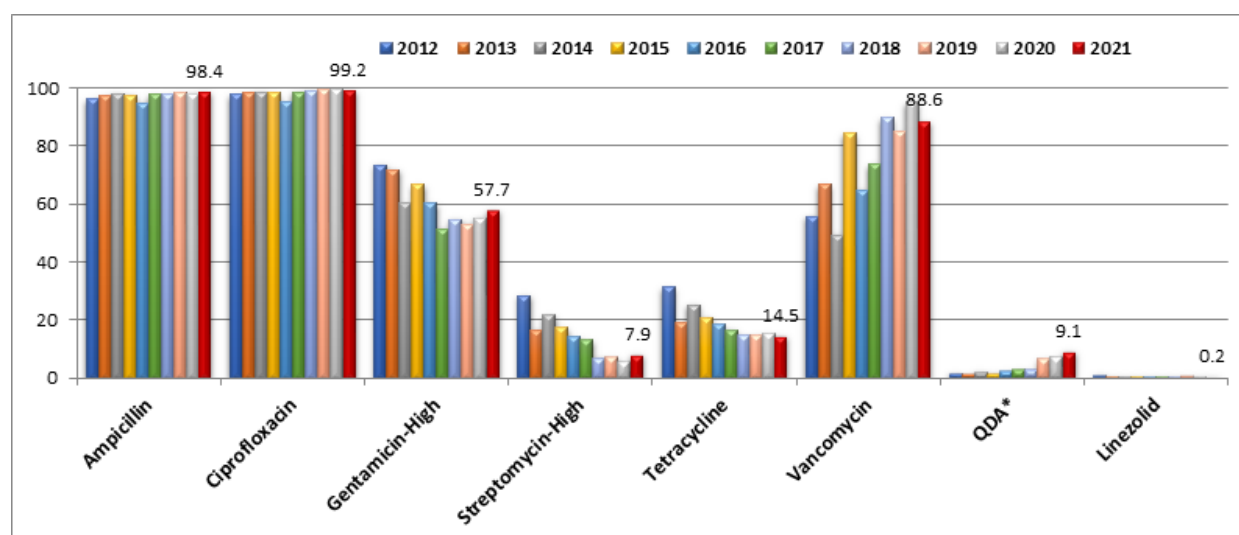
표 2-12. 요양병원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	96.2	554	97.2	563	98.0	435	97.4	1,770	94.8	811	97.6	1,145	97.8	2,787	98.2	2,524	98.0	11,981	98.4	5,657
Ciprofloxacin	97.8	541	98.1	556	98.5	412	98.2	1,738	95.1	811	98.6	795	99.0	2,105	99.4	1,804	99.4	7,274	99.2	3,495
Gentamicin-High†	73.2	548	71.6	563	60.2	433	66.6	1,670	60.2	688	51.4	1,055	54.5	2,705	53.0	2,046	55	10,895	57.7	4,864
Streptomycin-High†	28.3	547	16.6	561	21.7	431	17.2	1,762	14.2	779	12.9	1,138	6.9	2,774	7.1	2,502	5.6	11,878	7.9	5,625
Tetracycline	31.2	541	19.0	556	25.1	413	20.9	1,738	18.3	774	16.4	795	14.5	2,105	14.6	1,805	15.1	7,270	14.5	3,492
Vancomycin	55.6	554	66.7	563	49.1	435	84.4	1,770	64.6	791	73.7	1,145	89.7	2,787	84.7	2,524	94.9	11,981	88.6	5,657
QDA‡	1.4	552	1.2	593	1.9	429	1.5	1,763	2.4	764	2.9	1,143	2.7	2,787	6.6	2,522	7.2	11,981	9.1	5,655
Linezolid	0.9	546	0.3	563	0.4	435	0.5	1,769	0.5	791	0.4	1,145	0.3	2,787	0.6	2,524	0.3	11,981	0.2	5,657

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상검사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

‡ Quinupristin-dalfopristin

그림 2-12. 요양병원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 요양병원 내성률 조사에서 폐렴사슬알균(*S. pneumoniae*)의 주요 분리원은 호흡기(84.8%), 혈액(8.7%), 농양(4.3%) 검체 순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 2013년 15.6%까지 감소하다 다시 증가하는 추세를 보였으며, 2021년 65.1%로 나타났다. Erythromycin, SXT, rifampin 내성률은 각각 91.3%, 84.8%, 6.7%로 전년 대비 증가하였다. (표 2-13, 그림 2-13)

표 2-13. 요양병원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	36.7	60	15.6	45	35.5	79	44.9	69	25.0	68	43.6	55	58.5	53	59.5	79	67.0	97	65.1	43
Erythromycin	94.5	92	88.2	127	80.7	79	91.5	142	86.9	84	88.6	70	92.0	75	85.9	99	90.6	96	91.3	46
Tetracycline	85.9	92	81.9	127	69.4	79	80.4	143	73.8	84	77.1	70	66.7	75	54.1	98	64.6	96	58.7	46
SXT†	77.2	27	81.9	127	72.8	79	77.6	143	66.7	84	74.3	70	76.0	75	77.8	99	83.5	97	84.8	46
Ofloxacin	55.6	27	NT‡	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	11.1	92	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	3.1§	96§	6.7§	45§
Vancomycin	0.0	60	0.0	127	0.0	79	0.0	143	0.0	84	0.0	70	0.0	75	0.0	99	0.0	98	0.0	46

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ Not tested

§ 자동화장비 패널 변경(AST ST-01→ST03)으로 감수성 검사 결과 추가

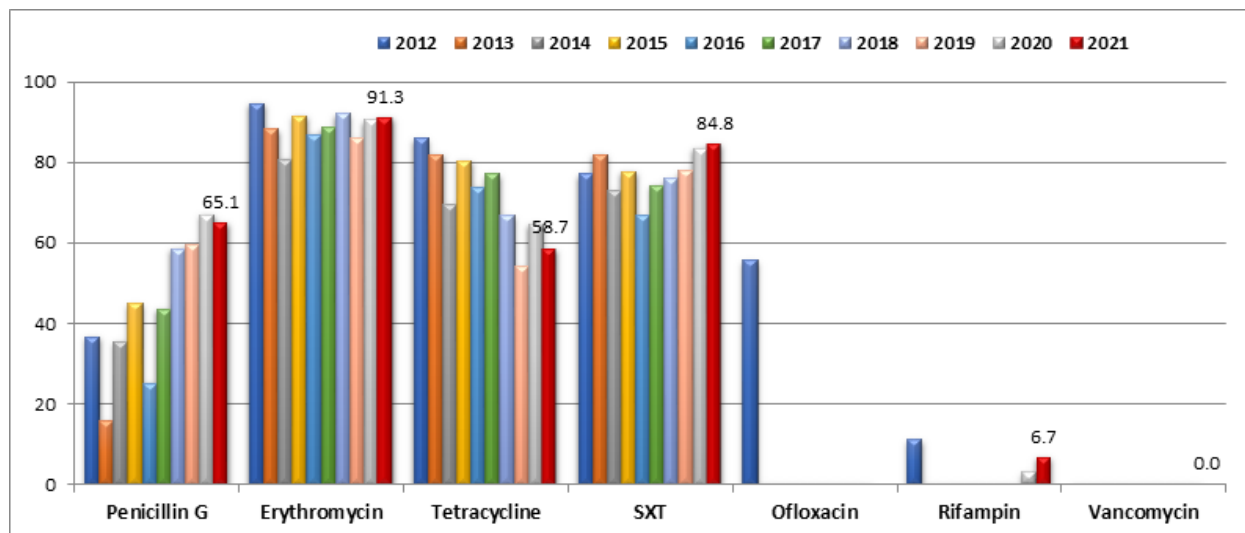


그림 2-13. 요양병원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 2. 4. 대장균(*Escherichia coli*)

2021년 요양병원 내성률 조사에서 대장균(*E. coli*)의 주요 분리원은 소변(59.4%), 호흡기(14.8%), 대변(13.4%) 검체 순으로 확인되었다. 전년대비 2021년 모든 항균제에서 내성률이 감소한 것을 확인하였고, 여전히 중소병원, 의원에 비해 높은 내성률을 보였다. Ceftazidime, cefepime 내성률은 각각 49.8%, 34.4%로 2020년보다 감소하였으며, cefotaxime 내성률은 76.0%로 2020년보다 4.8%p 감소했다. Cefoxitin 내성률도 21.5%로 2020년보다 감소했으며, imipenem 내성률은 15.2%로 2020년에 비해 크게 감소하였으나, 이전보다는 여전히 높은 내성률을 확인하였다. (표 2-14, 그림 2-14)

표 2-14. 요양병원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	3.7	3,327	3.5	3,939	3.0	3,591	2.7	6,039	2.0	4,697	2.6	4,869	11.4	5,924	2.8	5,885	4.0	10,763	3.0	9,814
Gentamicin	40.2	3,327	42.6	3,939	42.3	3,591	44.9	6,039	43.5	4,728	43.7	4,869	43.0	5,924	43.4	5,885	45.4	10,763	41.3	9,814
Fluoroquinolone†	75.0	3,372	78.2	3,652	78.9	3,591	81.4	6,039	75.3	4,764	81.4	4,869	85.6	5,924	83.0	5,885	87.4	10,762	86.8	9,814
Ampicillin	85.0	3,326	84.1	3,935	83.7	3,588	86.7	6,038	83.4	4,689	86.5	4,869	88.8	5,923	88.3	5,886	92.8	10,757	89.7	9,812
Cefotaxime	54.5	3,327	55.8	3,937	60.7	3,590	64.2	6,042	60.6	4,711	67.7	4,868	70.5	5,924	71.9	5,882	80.8	10,757	76.0	9,813
Ceftazidime	32.6	3,328	16.9	3,139	51.3	3,591	37.4	6,042	35.5	4,711	40.9	4,869	43.3	5,924	44.3	5,881	56.8	10,760	49.8	9,814
Cefoxitin	15.1	3,306	15.2	3,762	14.3	3,588	16.7	6,038	14.1	4,654	15.1	3,480	18.2	5,922	18.7	5,882	36.6	10,756	21.5	9,813
Aztreonam	40.5	3,324	14.2	2,640	46.8	2,870	45.9	3,976	43.1	3,293	52.1	3,479	55.4	4,309	57.6	4,236	68.8	8,063	61.9	7,738
Cefepime	21.1	3,328	22.3	40	45.2	3,591	28.8	6,041	24.9	4,711	29.0	4,869	31.9	5,924	31.5	5,883	41.1	10,760	34.4	9,813
Imipenem	0.0	3,328	0.1	3,933	0.0	3,590	0.1	6,041	1.0	4,745	0.7	4,868	4.4	5,924	6.2	5,883	27.9	10,748	15.2	9,810
SXT‡	47.7	3,325	47.0	3,933	44.9	3,590	45.8	6,037	45.2	4,764	45.2	4,867	48.4	5,920	47.9	5,884	51.8	10,754	48.8	9,803

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

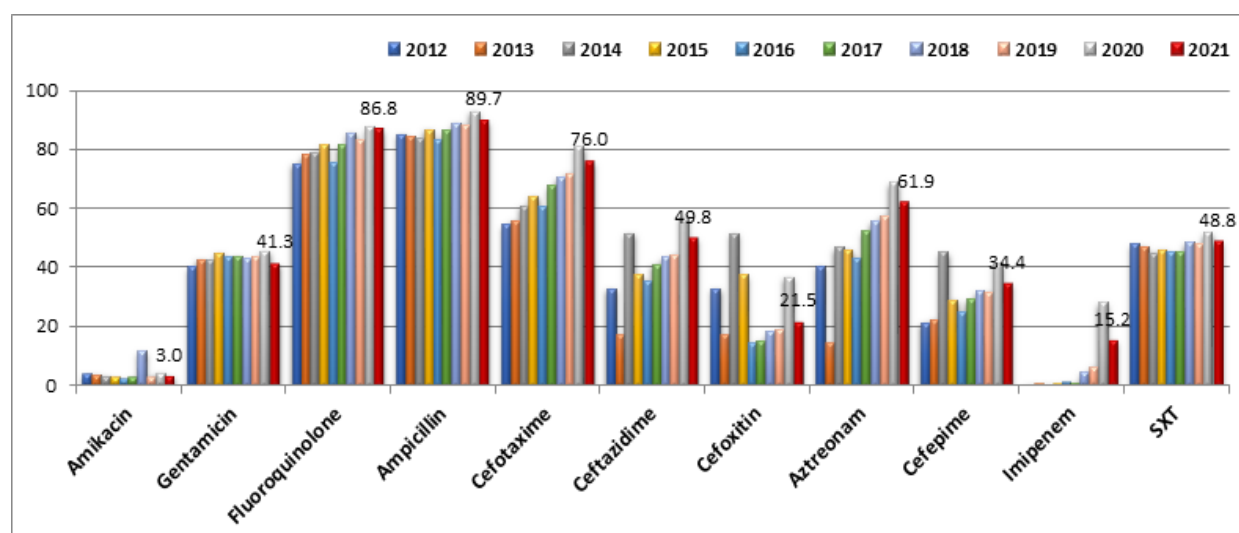


그림 2-14. 요양병원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 요양병원 내성률 조사에서 폐렴막대균(*K. pneumoniae*)의 주요 분리원은 호흡기(44.3%), 대변(29.0%), 소변(20.1%) 검체 순으로 확인되었다. 전년 대비 2021년 항균제 내성률은 전체적으로 감소한 양상을 보였다. Cephalosporin계와 aztreonam, imipenem의 항균제에서 내성률이 감소하였으나, 여전히 높은 내성률을 보였다. (표 2-15, 그림 2-15)

표 2-15. 요양병원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	21.1	2,512	20.1	3,296	17.2	2,817	15.2	4,986	11.0	3,474	9.0	3,676	6.2	3,123	4.6	5,044	7.3	11,232	4.5	9,495
Gentamicin	32.9	2,512	35.5	3,296	37.4	2,817	35.7	4,986	30.3	3,506	29.8	3,676	31.2	3,123	33.3	5,044	45.9	13,787	40.2	9,495
Fluoroquinolone†	56.2	2,567	58.0	3,022	65.0	2,817	63.6	4,986	57.5	3,523	62.3	3,676	64.3	3,123	65.7	5,044	81.9	13,787	86.2	9,495
SXT‡	38.1	2,511	40.4	3,294	42.0	2,817	40.7	4,986	39.0	3,527	40.8	3,676	44.5	3,123	49.0	5,043	63.4	13,787	62.5	9,495
Cefotaxime	65.0	2,512	67.9	3,298	69.3	2,817	70.2	4,986	62.5	3,489	66.5	3,676	67.8	3,123	70.6	5,044	87.0	13,786	82.8	9,495
Ceftazidime	62.4	2,511	62.9	3,297	65.3	2,816	66.9	4,986	56.5	3,484	61.5	3,676	62.5	3,123	65.5	5,044	82.9	13,788	78.0	9,495
Cefepime	18.4	2,512	22.4	3,298	38.9	2,816	36.4	4,986	30.9	3,484	35.9	3,676	39.1	3,123	42.4	5,044	61.7	13,788	55.3	9,495
Cefoxitin	32.1	2,486	34.2	3,147	30.0	2,817	30.8	4,984	26.2	3,437	26.5	2,808	29.7	3,122	34.1	5,043	63.9	13,785	49.0	9,494
Aztreonam	61.9	2,512	56.9	2,032	63.9	1,813	67.5	3,550	57.1	2,650	62.4	2,808	61.4	2,270	67.9	3,928	84.8	11,232	78.6	7,731
Imipenem	0.3	2,512	0.1	3,286	0.5	2,817	1.1	4,986	2.7	3,500	4.0	3,676	12.9	3,123	15.8	5,042	53.4	13,776	41.3	9,488

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

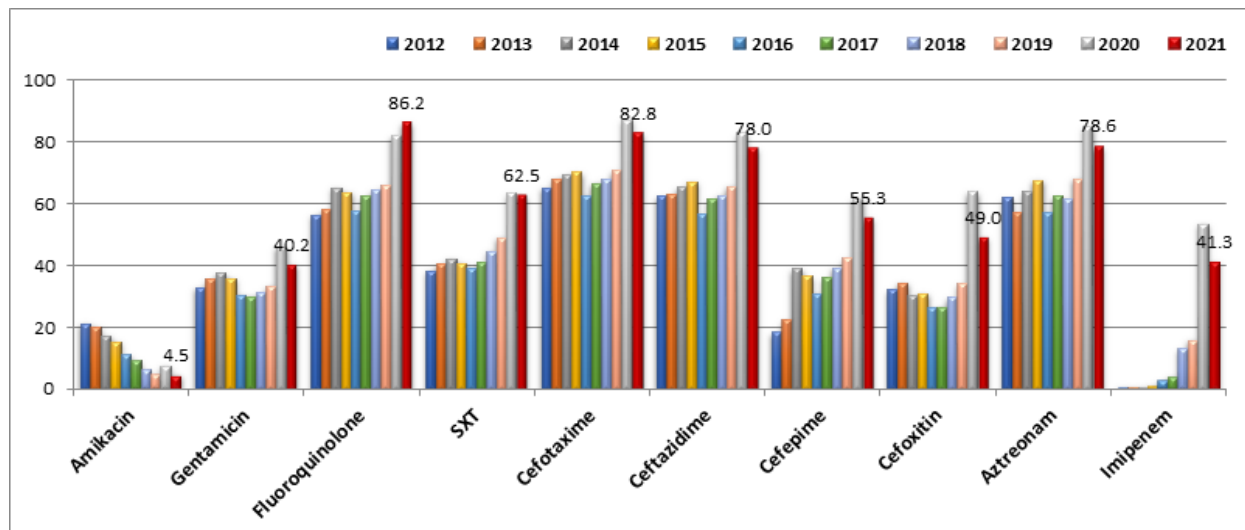


그림 2-15. 요양병원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 2. 6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

2021년 요양병원 내성률 조사에서 엔테로박터균(*E. cloacae*)의 주요 분리원은 호흡기(55.0%), 소변(17.8%), 대변(11.3%) 검체 순으로 확인되었다. Cefotaxime 항균제 내성률은 56.0%로 전년 대비 소폭 상승하였고, SXT, cefepime, aztreonam 항균제 내성률은 감소한 것을 확인하였다. Fluoroquinolone계 항균제 내성률이 55.9%로 증가하였으며 특히, imipenem 항균제의 내성률이 2020년 15.3%, 2021년 17.1%로 지속적으로 증가하는 양상을 보였다. (표 2-16, 그림 2-16)

표 2-16. 요양병원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	3.0	334	2.3	308	2.3	289	0.7	412	2.1	362	1.1	273	1.3	311	1.6	439	4.0	622	3.0	730
Gentamicin	12.9	334	17.5	308	20.5	289	14.3	412	14.9	364	16.5	273	25.4	311	13.4	439	21.4	622	21.0	730
Fluoroquinolone†	19.0	342	18.4	283	31.1	289	23.5	412	24.2	365	22.8	215	26.7	311	23.0	439	37.9	622	55.9	730
SXT‡	34.4	334	28.2	308	34.7	289	29.8	412	33.2	365	31.9	273	35.4	311	30.3	439	41.6	622	36.8	730
Cefotaxime	37.1	334	33.8	308	42.6	289	43.2	412	36.8	362	38.8	273	46.9	311	38.7	439	55.3	622	56.0	730
Ceftazidime	29.0	334	23.4	308	29.4	289	32.7	412	23.2	362	27.1	273	33.9	310	31.0	439	44.9	622	46.4	730
Cefepime	4.2	334	6.8	308	18.6	289	16.5	412	9.1	362	10.6	273	20.6	311	14.8	439	28.8	622	24.7	730
Aztreonam	27.8	334	18.1	210	28.1	199	31.0	293	22.2	279	26.0	215	36.0	242	31.2	349	44.1	546	42.1	625
Imipenem	0.0	334	0.0	308	0.7	289	0.9	412	0.3	363	2.6	273	5.8	311	3.9	439	15.3	622	17.1	730

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

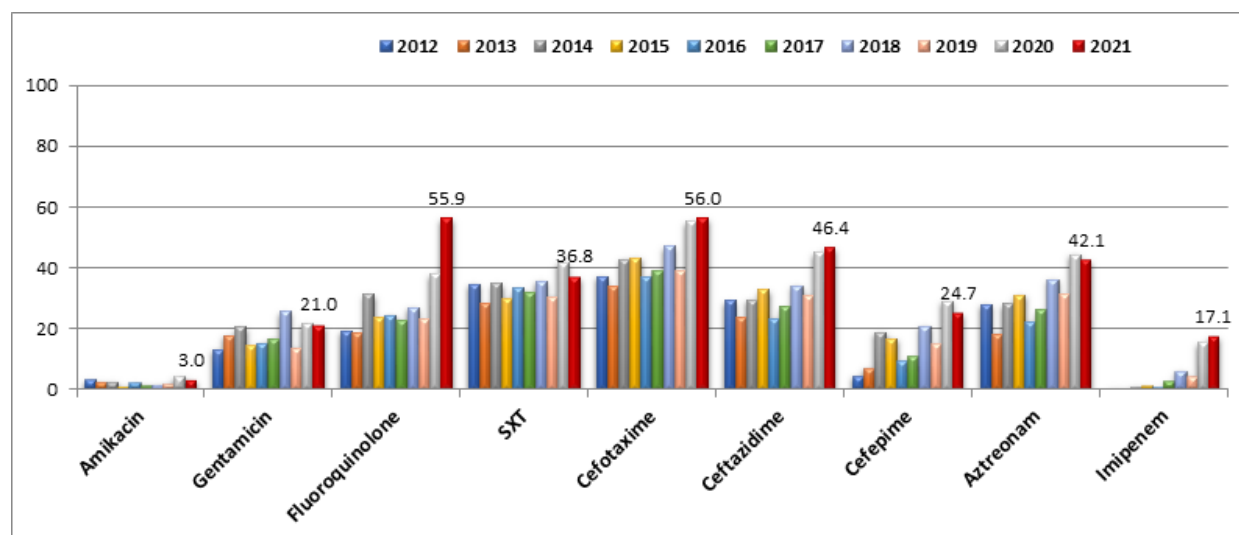


그림 2-16. 요양병원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 요양병원 내성률 조사에서 녹농균(*P. aeruginosa*)의 주요 분리원은 호흡기(65.5%), 소변(26.3%), 상처(4.2%) 검체 순으로 확인되었다. 2021년 항균제 내성률은 전년 대비 소폭 감소하거나 비슷한 양상을 보였다. 특히 fluoroquinolone계 항균제와 gentamicin의 내성률은 꾸준히 증가하여 높은 상황이며, carbapenem계 항균제도 imipenem 50.7%, meropenem 46.9%로 높게 나타났다. (표 2-17, 그림 2-17)

표 2-17. 요양병원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	25.2	4,531	21.4	4,622	19.2	3,588	21.8	7,120	21.2	4,403	19.9	3,537	23.6	5,357	24.3	5,380	32.0	12,597	30.9	10,675
Gentamicin	34.4	4,528	30.9	4,623	28.5	3,587	30.5	7,120	28.7	4,436	27.2	3,537	29.5	5,356	31.3	5,378	40.5	12,624	40.5	10,673
Fluoroquinolone†	60.1	2,178	49.5	4,586	55.2	3,587	60.1	7,120	56.5	4,455	58.5	3,538	61.5	5,359	60.4	5,377	67.1	12,608	69.4	10,673
Piperacillin	40.6	4,517	42.2	4,286	40.8	2,523	43.4	5,659	40	3,242	39.8	3,536	43.9	5,357	43.9	5,378	51.5	10,670	48.6	9,078
Aztreonam	24.2	4,526	25.5	4,570	19.4	3,574	22.4	7,091	22.8	4,391	24.5	3,521	27.4	5,326	26.6	5,368	30.7	12,593	26.9	10,625
Ceftazidime	23.3	4,530	22.2	4,623	19.3	3,586	23.6	7,118	23.9	4,415	22.3	3,536	25.5	5,358	27.8	5,381	37.9	12,622	33.1	10,675
Cefepime	26.6	4,531	24.5	4,624	19.9	2,522	36.6	5,657	25.9	4,417	25.3	3,538	27.4	5,359	30.5	5,377	38.1	12,605	33.8	10,675
Imipenem	41.1	4,528	44.8	4,616	36.2	3,582	43.2	7,117	40.7	4,429	41.7	3,534	46.6	5,350	47.3	5,377	55.2	12,617	50.7	10,661
Meropenem	27.6	4,512	27.7	4,569	22.9	3,406	36.3	7,108	35.7	4,346	35.3	3,529	41.9	5,349	40.6	5,372	50.5	12,616	46.9	10,669
Colistin	2.1	3,482	3.2	4,063	2.5	3,570	1.9	7,102	0.7	4,327	0.9	3,321	1.3	4,017	0.4	4,276	0.2	10,136	0.8	9,724

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

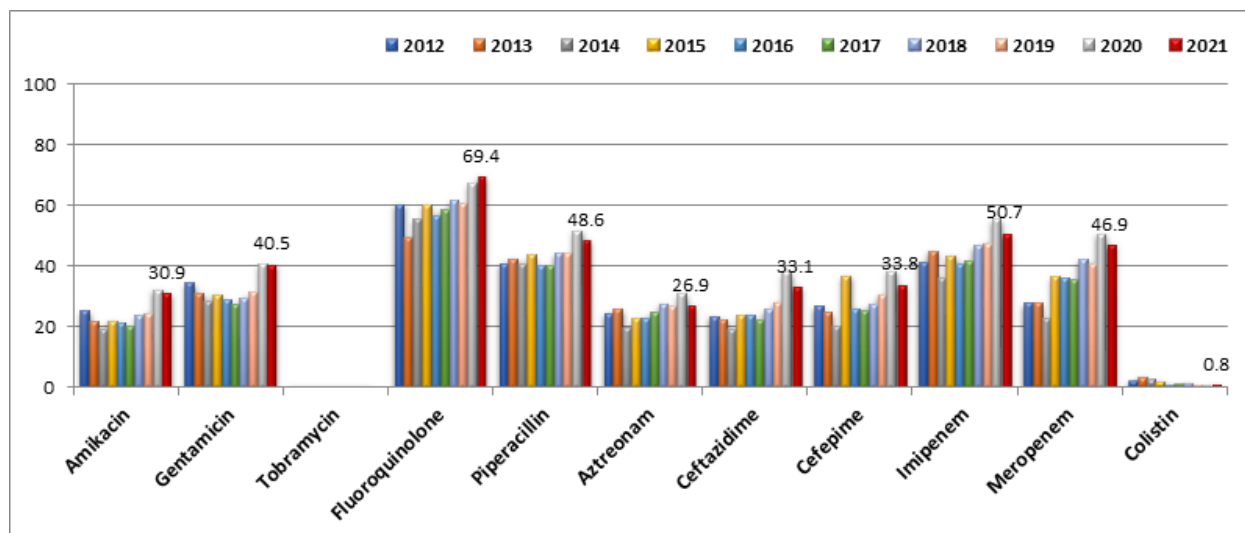


그림 2-17. 요양병원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

2. 2. 8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

2021년 요양병원 내성률 조사에서 아시네토박터균(*A. baumannii*)의 주요 분리원은 호흡기(75.8%), 소변(9.2%), 상처(7.5%) 검체 순으로 확인되었다. Fluoroquinolone, cephalosporin계, carbapenem계 항균제에서 여전히 높은 내성률을 보였다. 2021년 ceftazidime과 ceftepime 내성률은 각각 86.3%, 87.9%로 2020년보다 1.9%p, 1.1%p 소폭 감소하였으며, 2021년 fluoroquinolone 내성률은 92.2%, imipenem 내성률은 87.9%로 나타났다. Colistin 내성률의 경우 2015년부터 1% 미만의 내성률을 유지하고 있다. (표 2-18, 그림 2-18)

표 2-18. 요양병원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	37.1	2,011	41.3	2,051	59.6	1,758	51.4	2,217	43.2	1,212	49.3	1,129	47.2	1,316	47.1	1,498	45.5	2,475	46.4	2,346
Gentamicin	72.0	2,300	75.4	2,224	76.4	2,179	76.5	3,821	70.1	2,498	72.6	2,769	72.8	3,436	47.9	6,273	74.3	5,928	71.6	5,194
Fluoroquinolone	79.7	852	75.0	2,224	89.5	2,177	90.3	3,821	86.2	2,502	90.6	2,769	90.8	3,436	90.1	3,468	93.7	5,926	92.2	5,195
Piperacillin	79.9	2,296	84.8	2,223	84.9	1,516	86.6	3,531	82.9	2,429	87.4	2,769	88.0	3,439	87.1	3,470	90.6	5,929	89.7	5,195
Ceftazidime	77.3	2,300	83.3	2,225	81.3	2,179	85.0	3,821	78.7	2,492	84.5	2,769	84.8	3,440	85.6	3,472	88.2	5,928	86.3	5,195
Cefepime	71.7	2,299	78.8	2,225	78.9	1,519	84.0	3,795	78.8	2,492	85.4	2,769	86.2	3,440	85.8	3,472	89.0	5,923	87.9	5,196
Imipenem	68.4	2,300	76.7	2,224	81.7	1,977	82.4	3,731	77.2	2,494	83.6	2,769	84.9	3,439	84.8	3,472	89.0	5,929	87.9	5,196
Meropenem	67.1	2,296	75.8	2,221	76.3	2,109	81.5	3,814	78.9	2,432	83.9	2,769	85.4	3,437	85.4	3,469	89.1	5,929	88.4	5,195
Colistin	1.7	2,054	1.0	2,210	2.7	2,166	0.6	3,547	0.6	2,419	0.7	2,678	0.7	3,072	0.4	3,124	0.3	5,330	0.5	4,739

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

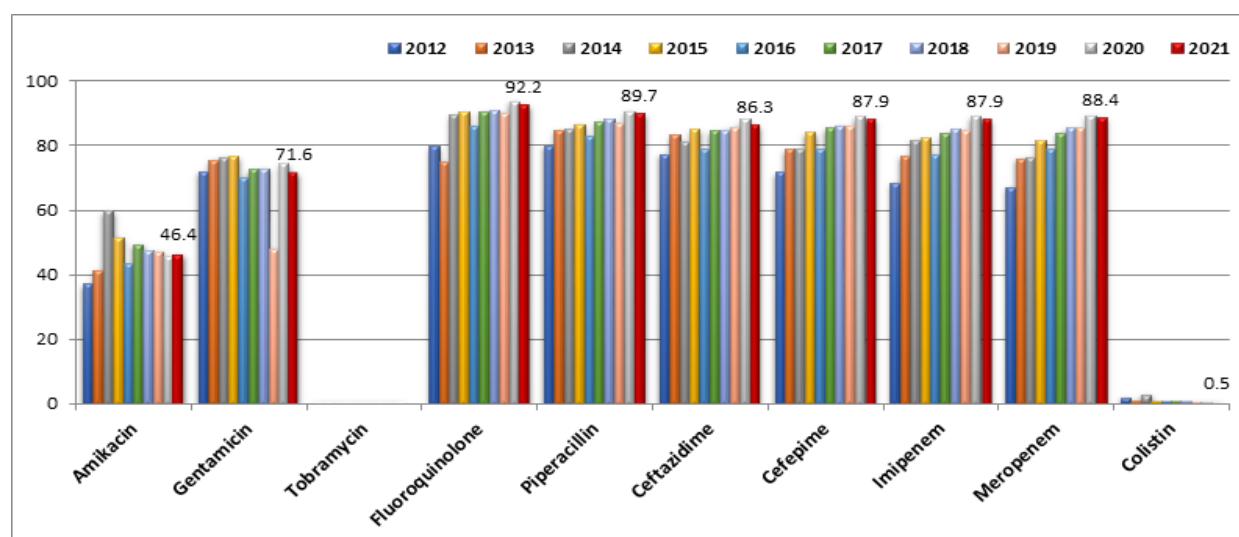


그림 2-18. 요양병원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

2. 3. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 의원

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

2021년 의원 내성률 조사에서 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)의 주요 분리원은 농양(31.2%), 상처(17.5%), 소변(13.1%) 검체 순으로 확인되었다. 2021년 Oxacillin 내성률(MRSA)은 31.1%로 감소하였으며 중소·요양병원에 비해 낮은 내성률을 유지했다. 대부분 항균제에서의 내성률이 전년 대비 감소하였으나, tetracycline, QDA 내성률만 각각 13.0%, 0.1%로 소폭 증가했다. Mupirocin의 경우 2018년까지 내성률이 꾸준히 증가했으나, 2019년을 기점으로 감소하는 추세를 보여 2021년에는 8.3%로 나타났다. (표 2-19, 그림 2-19)

표 2-19. 의원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Oxacillin	50.6	4,510	46.8	4,003	39.3	3,107	42.5	4,300	38.3	3,669	37.4	3,926	34.9	4,622	39.8	6,870	43.6	8,029	31.1	6,079
Penicillin G	94.1	4,484	92.7	3,601	92.1	2,851	91.2	2,962	89.3	3,710	88.8	3,937	89.1	5,284	87.1	5,865	87.4	8,030	82.0	6,080
Erythromycin	44.7	4,406	39.7	3,967	30.9	3,056	36.3	4,199	30.0	3,615	31.4	4,378	29.8	5,671	32.4	6,730	32.4	7,850	22.3	5,892
Clindamycin	24.5	4,427	20.2	4,017	14.0	3,056	16.0	4,204	12.5	3,615	9.6	4,379	10.2	5,672	9.3	6,730	11.9	7,850	8.2	5,893
Gentamicin	34.2	4,505	26.6	4,004	19.5	3,107	21.5	4,301	21.9	3,746	20.5	4,485	21.2	5,847	20.2	6,871	18.3	8,031	13.9	6,079
Ciprofloxacin	32.7	4,508	29.1	4,005	19.2	3,106	26.5	4,302	24.6	3,763	24.1	4,483	26.5	5,848	24.0	6,866	27.5	8,028	19.3	6,073
Tetracycline	32.0	4,485	26.4	4,004	19.5	3,106	21.5	4,303	20.9	3,710	16.6	4,486	18.3	5,848	16.6	6,866	11.2	2,138	13.0	6,074
Rifampin	3.0	4,485	1.7	4,004	1.5	3,108	1.8	4,302	1.8	3,670	1.2	4,485	1.1	5,849	1.0	6,871	1.8	8,029	0.7	6,080
SXT†	4.0	4,505	2.5	4,005	2.7	3,107	3.3	4,302	4.5	3,784	3.1	4,486	3.2	5,848	3.7	6,871	3.5	8,030	3.2	6,079
Vancomycin‡	0.0	4,510	0.0	4,004	0.0	3,108	0.0	4,302	0.1	3,710	0.0	4,485	0.0	5,849	0.0	6,871	0.0	8,031	0.0	6,080
Linezolid	0.1	4,506	0.1	4,005	0.1	3,108	0.1	4,303	0.1	3,710	0.1	4,486	0.1	5,949	0.1	6,871	0.3	8,031	0.0	6,080
QDA§	0.1	4,505	0.0	4,008	0.0	3,107	0.0	4,303	0.4	3,687	0.0	4,486	0.0	5,849	0.0	6,871	0.0	8,031	0.1	6,080
Mupirocin#	5.0	3,330	6.0	3,120	5.3	3,106	7.5	4,297	10.1	3,637	13.7	4,412	16.2	5,285	14.6	5,865	13.2	6,653	8.3	3,757

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ VISA(Vancomycin intermediate *Staphylococcus aureus*)

: 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%), 2020(0.0%), 2021(0.0%)

§ Quinupristin-dalfopristin

EUCAST에 따라 내성률 산출

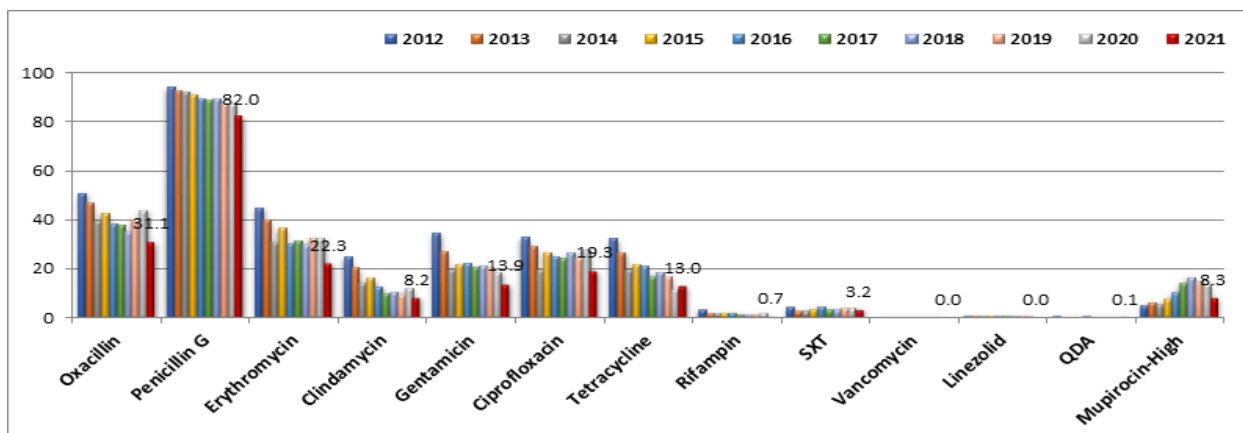


그림 2-19. 의원 분리 *S. aureus* 항균제 내성률 (%)

2. 3. 2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

2021년 의원 내성률 조사에서 장알균(*E. faecalis*, *E. faecium*) 주요 분리원은 대변(55.1%), 소변(34.8%), 혈액(4.0%) 검체 순으로 확인되었다.

Enterococcus faecalis

Ampicillin 내성률은 2009년 20.1%를 나타낸 이후 내성률이 감소하여 지속 낮은 수치를 보이고 있으며, 2021년에는 0.05%로 나타났다. Ciprofloxacin과 고농도 gentamicin의 내성률은 각각 10.1%, 48.9% 나타났다. 고농도 streptomycin은 2007년 30.5% 이후 감소하여 2021년에는 19.1%로 나타났으며 작년에 비해 소폭 감소하였다. Tetracycline은 86.6%로 높은 내성률을 계속 유지하고 있으며, vancomycin, linezolid 내성률은 각각 0.3%, 1.3%로 나타났다. (표 2-20, 그림 2-20)

표 2-20. 의원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	0.4	4,792	0.5	4,778	0.7	4,523	0.2	6,644	3.4	6,706	0.1	9,633	0.2	15,494	0.1	17,982	0.1	23,283	0.0	26,329
Ciprofloxacin	13.7	4,633	13.8	3,674	14.3	4,382	12.1	6,509	12.7	6,600	10.2	9,211	10.5	14,809	9.6	17,215	9.9	22,465	10.1	25,242
Gentamicin-High†	57.2	4,783	54.6	3,770	56.8	4,385	53.7	6,291	55.7	5,944	62.3	9,199	56.5	14,688	53.8	16,926	51.7	21,994	48.9	25,381
Streptomycin-High†	24.3	4,779	23.8	3,766	20.8	4,519	19.5	6,630	20.1	6,391	37.5	9,623	20	15,468	20	17,959	20.2	23,248	19.1	26,273
Tetracycline	87.5	4,631	86.1	3,676	87.6	4,513	88	6,510	86.9	6,298	87.3	9,214	88.8	14,810	87.6	17,218	87.9	22,466	86.6	25,246
Vancomycin	0.5	4,793	0.4	3,775	0.4	4,527	1.4	6,640	1.0	6,423	1.0	9,632	0.3	15,494	0.4	17,994	0.5	23,283	0.3	26,328
Linezolid	0.4	4,787	0.5	3,773	0.2	4,526	0.6	6,641	0.4	6,424	0.6	9,634	1.0	15,494	1.0	17,994	1.0	23,283	1.3	26,328

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상검사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

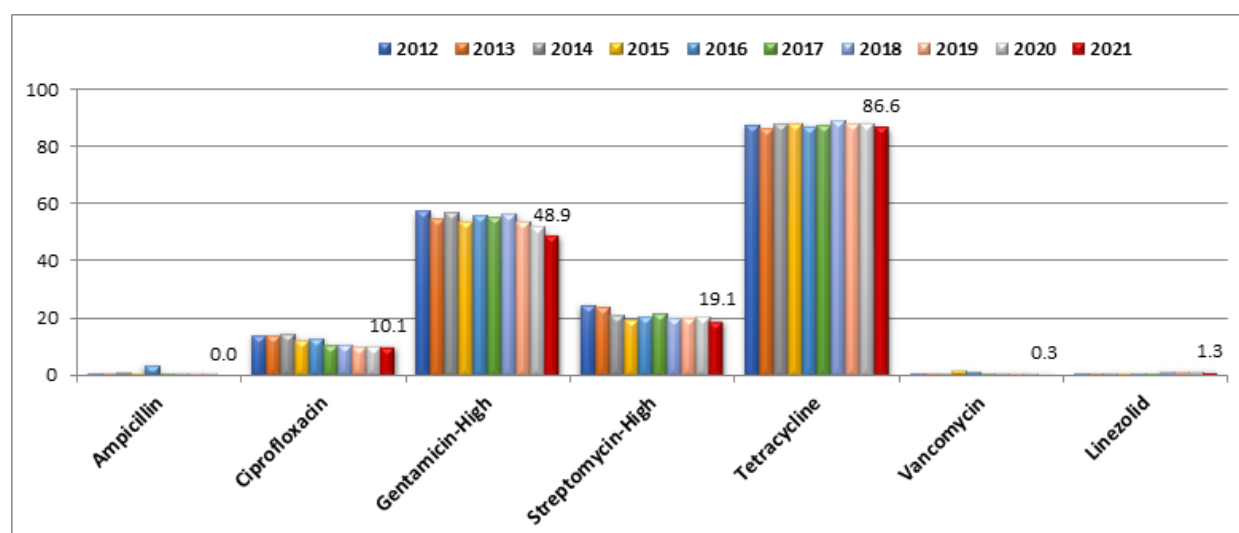


그림 2-20. 의원 분리 *E. faecalis* 항균제 내성률 (%)

Enterococcus faecium

Ampicillin, ciprofloxacin 내성률은 각각 77.1%, 78.4%로 전년 대비 대폭 감소하였으며, 고농도 gentamicin 내성률 또한 39.4%로 전년보다 감소했다. 고농도 streptomycin 내성률은 11.1%로 2012년 이후 감소하다 올해 다시 소폭 증가하는 양상을 보였다. Tetracycline 내성률은 18.7%로 전년보다 1.5%p 증가하였다. 2021년 Vancomycin(VRE)과 QDA 내성률은 각각 54.4%, 4.6%로 작년에 비해 감소하였으며, linezolid 내성률은 0.2%로 나타났다. (표 2-21, 그림 2-21)

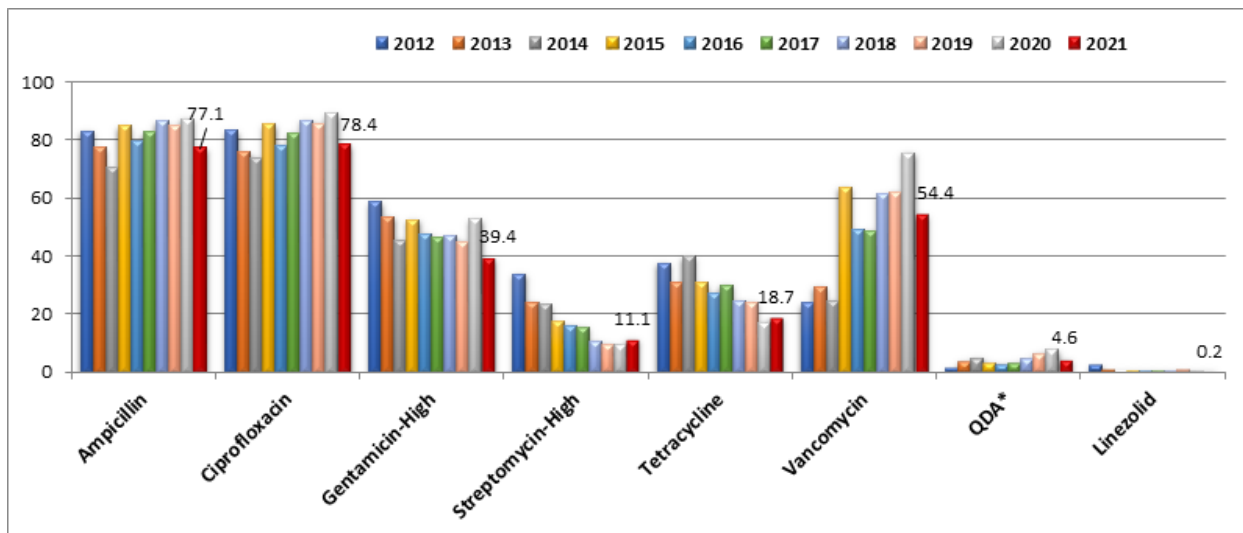
표 2-21. 의원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Ampicillin	83.0	552	77.3	439	70.5	519	84.9	1,147	79.9	728	82.8	1,156	86.5	2,349	84.8	1,985	87.3	3,091	77.1	1,685
Ciprofloxacin	83.2	525	75.9	425	74.0	508	85.4	1,134	78.3	736	82.4	1,092	86.8	2,143	85.7	1,950	89.2	3,029	78.4	1,625
Gentamicin-High†	58.7	545	53.7	436	45.4	516	52.4	1,084	47.8	578	46.4	1,071	46.8	2,254	45.0	1,874	52.8	2,963	39.4	1,591
Streptomycin-High†	33.8	545	24.1	436	23.2	516	17.3	1,146	16.1	666	15.5	1,152	10.8	2,195	9.6	1,982	9.3	3,090	11.1	1,683
Tetracycline	37.5	525	30.8	425	40.0	508	30.8	1,134	27.2	670	30.1	1,092	24.5	2,143	24.1	1,950	17.2	3,028	18.7	1,625
Vancomycin	23.9	552	29.4	439	24.7	519	63.7	1,148	49.0	675	48.7	1,155	61.4	2,349	62.2	1,985	75.6	3,091	54.4	1,685
QDA†	1.3	545	3.6	533	4.8	508	3.2	1,130	2.6	649	3.1	1,155	4.5	2,349	6.3	1,985	7.8	3,091	4.6	1,685
Linezolid	2.3	526	0.7	438	0.0	519	0.5	1,147	0.6	675	0.3	1,155	0.2	2,349	0.8	1,985	0.1	3,091	0.2	1,685

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 임상검사센터 자동화장비 분석 결과에 따라 내성률 산출

‡ Quinupristin-dalfopristin

그림 2-21. 의원 분리 *E. faecium* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 의원 내성률 조사에서 폐렴사슬알균(*S. pneumoniae*)의 주요 분리원은 농양(33.3%), 호흡기(20.8%) 검체 순으로 확인되었다. Penicillin G 내성률은 18.2%로 2020년에 비해 11.7%p 증가하였다. Erythromycin, tetracycline 내성률은 각각 100%, 87.5%로 작년보다 증가하여, 꾸준히 높은 수치를 보이고 있으며, SXT 내성률은 45.8%, rifampin 내성률은 4.8%로 나타났다. SXT를 제외한 모든 항균제의 내성률이 증가하였지만, 전반적인 균주 수가 적어 내성률 해석에 유의할 필요가 있다. (표 2-22, 그림 2-22)

표 2-22. 의원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Penicillin G	19.7	142	6.5	93	5.7	88	1.8	57	8.3	84	4.6	87	6.4	78	7.6	118	6.5	62	18.2	22
Erythromycin	82.5	177	85.4	150	76.2	88	79.5	88	87.1	101	86.5	133	92.1	114	92.4	171	88.9	63	100	24
Tetracycline	78.0	177	78.9	151	79.4	88	69.3	88	80.4	102	78.9	133	85.0	113	85.6	167	81.3	64	87.5	24
SXT†	51.4	66	42.8	151	49.0	88	42.0	88	45.1	102	36.8	133	41.2	114	41.5	171	50.0	64	45.8	24
Ofloxacin	1.5	66	NT‡	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT
Rifampin	1.5	176	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	0§	60§	4.8§	21§
Vancomycin	0.0	142	0.0	151	0.0	88	0.0	88	0.0	102	0.0	133	0.0	114	0.0	171	0.0	64	0.0	24

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† Trimethoprim-sulfamethoxazole

‡ Not tested

§ 자동화장비 패널 변경(AST ST-01→ST03)으로 감수성 검사 결과 추가

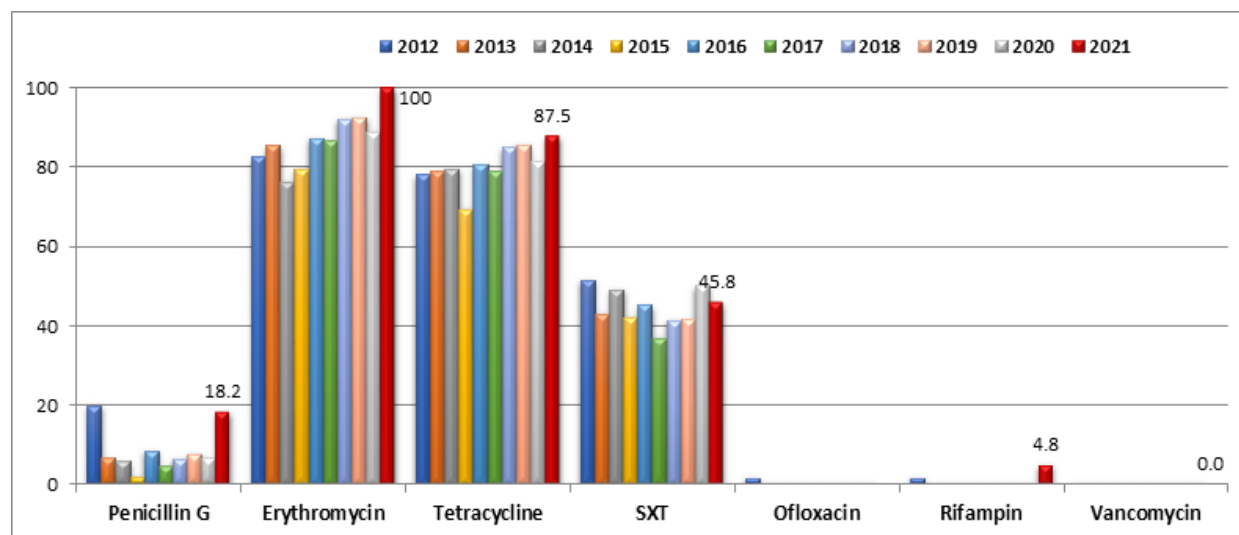


그림 2-22. 의원 분리 *S. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 3. 4. 대장균(*Escherichia coli*)

2021년 의원 내성률 조사에서 대장균(*E. coli*)의 주요 분리원은 소변(92.7%), 비뇨·생식기(5.4%), 농양(0.7%) 검체 순으로 확인되었다. 전년도보다 모든 항균제에 대한 내성률이 감소했으며, 모든 항균제에서 중소병원, 요양병원보다 낮은 내성률을 보였다. Cefotaxime과 aztreonam의 경우 2021년 내성률은 각각 18.2%, 9.1%의 내성률을 나타냈다. Fluoroquinolone계와 carbapenem계(imipenem) 항균제 내성률은 각각 39.9%, 0.1%로 확인되었다. (표 2-23, 그림 2-23)

표 2-23. 의원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	0.8	10,695	0.7	19,670	0.3	16,981	0.4	30,452	0.4	24,430	0.8	40,327	1.6	70,251	0.2	82,810	0.6	124,004	0.1	107,804
Gentamicin	27.1	10,695	26.1	19,671	25.4	16,982	25.5	30,452	25.8	24,617	25.9	40,328	26.1	70,250	25.2	82,810	26.5	124,001	22.4	107,804
Fluoroquinolone†	36.1	11,024	33.7	19,181	35.7	16,982	37.5	30,451	36.6	24,708	35.2	40,326	41.4	70,250	35.5	82,809	41.5	123,995	39.9	107,803
Ampicillin	66.1	10,692	64.8	19,663	63.4	16,978	64.0	30,448	62.9	24,505	63.3	40,327	64.6	70,250	63.6	82,807	65.2	123,998	58.6	107,800
Cefotaxime	18.7	10,696	18.7	19,897	17.4	16,983	19.4	30,458	21.2	24,573	22.0	40,328	23.1	70,250	22.9	82,806	26.8	123,999	18.2	107,805
Ceftazidime	8.1	10,696	7.4	19,897	12.8	16,983	7.2	30,460	8.1	24,522	8.2	40,329	8.4	70,252	8.2	82,809	11.1	123,997	5.5	107,805
Cefoxitin	6.7	10,680	5.1	18,655	5.2	16,978	5.6	30,448	5.7	24,364	6.3	33,291	6.4	70,250	5.7	82,809	8.3	123,972	4.6	107,803
Aztreonam	10.7	10,696	7.0	16,120	10.3	12,859	10.2	24,706	12.0	19,097	12.3	32,996	12.9	59,124	12.8	72,904	16.7	113,490	9.1	96,773
Cefepime	4.3	10,696	5.8	19,898	11.2	16,983	4.6	30,460	4.5	24,522	4.0	40,329	4.3	70,252	4.0	82,811	6.3	123,995	2.3	107,804
Imipenem	0.0	10,696	0.0	19,894	0.0	16,983	0.0	30,458	0.5	24,610	0.0	40,329	0.3	70,250	0.3	82,808	2.0	123,998	0.1	107,801
SXT‡	36.2	10,694	36.8	19,665	35.5	16,980	36.1	30,448	35.5	24,751	35.9	40,323	37.3	70,248	37.6	82,802	37.7	123,995	32.5	107,787

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

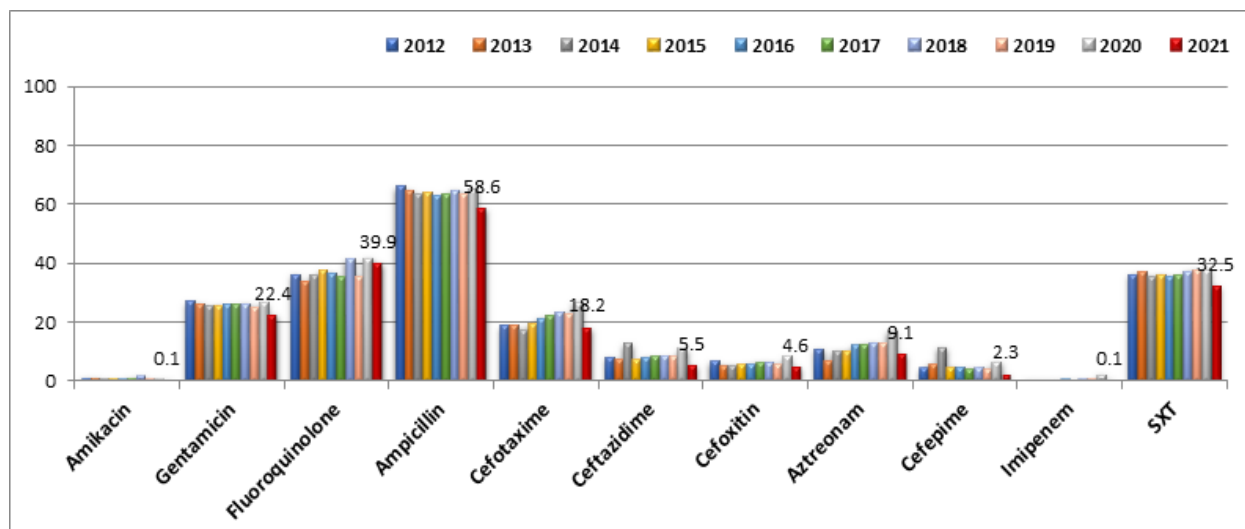


그림 2-23. 의원 분리 *E. coli* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 의원 내성률 조사에서 폐렴막대균(*K. pneumoniae*)의 주요 분리원은 소변(78.8%), 호흡기(7.5%), 비뇨·생식기(6.7%) 검체 순으로 확인되었다. 대부분의 항균제에서 중소병원, 요양병원보다는 낮은 내성률을 보였다. Amikacin 내성률은 전년 대비 1.3%p 증가하여, 5.0%로 나타났으며 중소·요양병원보다 높은 내성률을 보였다. Imipenem에 대한 내성률은 3.2%로 2020년 13.6%로 대폭 증가한 후 다시 감소한 것을 확인하였다. Fluoroquinolone 내성률은 26.4%, cefotaxime, ceftazidime 내성률도 각각 23.2%, 15.2%로 감소하였다. (표 2-24, 그림 2-24)

표 2-24. 의원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	11.1	2,078	8.2	3,352	3.7	2,349	5.2	3,569	2.3	3,504	1.3	4,935	2.5	7,180	2.7	9,520	3.7	10,364	5.0	10,617
Gentamicin	17.9	2,078	17.8	3,351	10.7	2,350	15.0	3,569	12.4	3,618	10.2	4,935	14.1	7,180	13.4	9,521	17.2	11,115	15.8	10,615
Fluoroquinolone†	25.9	2,095	22.8	3,380	17.5	2,350	22.3	3,569	19.6	3,651	15.4	4,935	26.2	7,180	20.5	9,521	31.0	11,114	26.4	10,617
SXT‡	19.4	2,078	20.5	3,352	17.1	2,350	20.5	3,569	19.9	3,677	16.9	4,935	23.3	7,179	22.4	9,521	27.4	11,114	22.1	10,617
Cefotaxime	30.1	2,078	31.0	3,422	25.4	2,351	25.8	3,570	22.6	3,567	18.5	4,935	27.2	7,180	23.2	9,521	31.6	11,115	23.2	10,617
Ceftazidime	28.2	2,078	27.7	3,421	22.2	2,351	21.2	3,570	18.2	3,541	13.8	4,935	24.3	7,180	18.8	9,521	27.2	11,115	15.2	10,617
Cefepime	10.6	2,078	13.4	3,422	14.2	2,351	11.2	3,570	9.8	3,541	7.6	4,935	12.9	7,179	11.0	9,521	19.3	11,115	8.8	10,617
Cefoxitin	18.5	2,074	13.1	3,008	9.7	2,350	11.7	3,569	7.9	3,480	6.8	4,308	16.0	7,180	14.5	9,521	21.3	11,113	9.8	10,617
Aztreonam	28.4	2,078	28.5	2,931	22.1	1,755	24.4	3,043	21.4	2,962	16.1	4,273	25.9	6,265	20.9	8,691	28.7	10,364	16.9	9,867
Imipenem	0.3	2,078	0.1	3,421	0.3	2,351	0.5	3,570	2.0	3,574	1.1	4,935	8.7	7,180	5.6	9,521	13.1	11,114	3.2	10,616

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

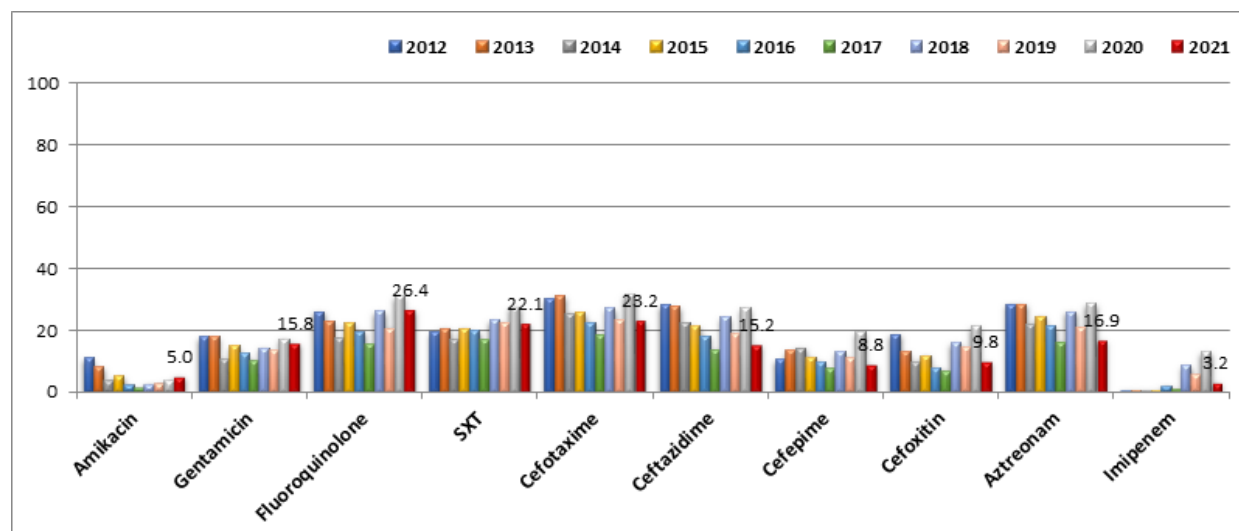


그림 2-24. 의원 분리 *K. pneumoniae* 항균제 내성률 (%)

2. 3. 6. 엔테로박터균(*Enterobacter cloacae*)

2021년 의원 내성률 조사에서 엔테로박터균(*E. cloacae*)의 주요 분리원은 소변(70.7%), 호흡기(8.8%), 농양(6.5%) 검체 순으로 확인되었다. 수집된 균주 amikacin 내성률은 17.5%로 2020년보다 감소하였고, cefotaxime과 cefepime, imipenem 내성률은 각각 33.2%, 3.1%, 0.4%로 2020년에 비해 소폭 감소하거나 비슷한 양상을 보였다. (표 2-25, 그림 2-25)

표 2-25. 의원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	2.1	1,017	2.5	946	4.8	707	0.6	1,231	42.7	1,313	49.3	1,797	33.5	1,784	17.1	1,951	18.4	1,961	17.5	1,864
Gentamicin	11.9	1,017	9.1	946	10.2	707	13.8	1,231	44.7	1,319	50.6	1,797	37.4	1,784	19.0	1,951	20.3	1,961	21.1	1,864
Fluoroquinolone†	7.5	1,028	7.6	940	8.7	707	11.4	1,231	44.5	1,336	54.8	1,619	34.6	1,784	16.9	1,951	27.0	1,961	28.0	1,864
SXT‡	18.6	1,031	20.6	923	13.1	643	23.0	1,000	47.1	1,335	51.6	1,797	35.3	1,784	20.6	1,951	24.7	1,961	25.2	1,864
Cefotaxime	19.7	1,017	19.0	951	30.1	707	45.0	1,231	52.8	1,317	57.0	1,797	16.6	1,784	29.6	1,951	33.5	1,961	33.2	1,864
Ceftazidime	14.7	1,017	18.9	951	15.7	707	15.2	1,231	8.0	1,317	6.5	1,797	10.8	1,784	11.9	1,951	13.0	1,961	13.3	1,864
Cefepime	2.9	1,017	4.0	946	8.6	707	11.6	1,231	7.2	1,317	4.6	1,797	16.6	1,784	5.5	1,951	3.5	1,961	3.1	1,864
Aztreonam	15.3	1,017	15.8	838	25.8	558	46.2	1,076	54.0	1,158	58.4	1,618	41.5	1,503	25.0	1,717	33.0	1,778	31.0	1,683
Imipenem	0.0	1,017	0.1	947	0.3	707	1.0	1,231	0.8	1,333	0.1	1,796	0.2	1,784	0.9	1,950	0.4	1,961	0.4	1,864

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

‡ Trimethoprim-sulfamethoxazole

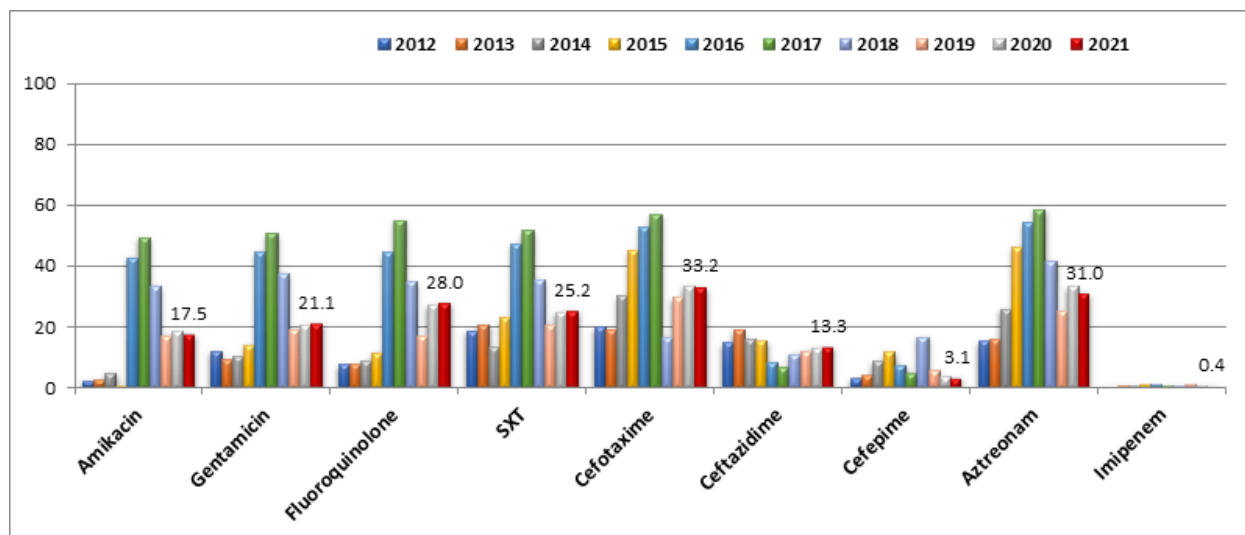


그림 2-25. 의원 분리 *E. cloacae* 항균제 내성률 (%)

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

2021년 의원 내성률 조사에서 녹농균(*P. aeruginosa*)의 주요 분리원은 소변(34.9%), 비뇨·생식기(26.9%), 호흡기(16.8%) 검체 순으로 확인되었다. 2020년 큰폭으로 증가했던 대부분의 항균제 내성률이 다시 감소하여 2019년과 비슷하거나 약간 증가한 수준으로 나타났다. Aminoglycoside계 항균제인 amikacin, gentamicin 내성률은 각각 12.1%, 17.1%로 나타났으며, fluoroquinolone 내성률은 27.4%로 2020년 대비 크게 감소하였으며, 2019년보다 약간(3.0%p) 증가하였다. Carbapenem계 내성률 역시 2020년보다 감소하여 imipenem, meropenem 각각 17.9%, 16.8%로 나타났다. Colistin 내성률은 0.4%로 나타났다. (표 2-26, 그림 2-26)

표 2-26. 의원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	18.3	3,195	16.1	2,801	12.4	1,660	11.8	2,442	13.4	1,769	12.6	1,076	14.7	1,882	10.8	1,804	22.6	4,287	12.1	4,144
Gentamicin	27.9	3,193	26.1	2,800	23.4	1,660	22.0	2,441	22.0	1,813	18.7	1,076	18.2	1,882	16.4	1,804	30.5	4,288	17.1	4,142
Fluoroquinolone†	42.1	1,744	43.1	2,750	34.8	1,661	38.4	2,443	35.5	1,827	29.2	1,076	30.0	1,882	24.4	1,801	44.2	4,287	27.4	4,143
Piperacillin	26.9	3,181	26.7	2,342	21.2	938	20.6	1,229	24.3	922	19.6	1,076	23.2	1,881	18.0	1,804	37.1	3,022	20.1	3,396
Aztreonam	21.6	3,169	22.6	2,731	20.4	1,653	15.5	2,426	17.4	1,777	15.7	1,074	16.0	1,875	12.4	1,797	23.6	4,278	14.6	4,138
Ceftazidime	18.0	3,193	15.4	2,801	10.6	1,661	13.1	2,443	13.5	1,782	10.4	1,076	13.1	1,882	9.7	1,801	25.5	4,290	13.0	4,142
Cefepime	19.6	3,197	17.5	2,802	12.7	938	25.8	1,227	15.3	1,784	12.9	1,076	14.5	1,882	11.3	1,803	26.8	4,287	13.1	4,144
Imipenem	28.2	3,192	28.5	2,795	21.1	1,659	24.1	2,436	25.4	1,796	20.9	1,075	24.5	1,878	17.3	1,801	32.5	4,282	17.9	4,138
Meropenem	21.2	3,166	17.4	2,667	12.1	1,442	18.8	2,425	21.6	1,739	16.7	1,076	19.6	1,881	12.9	1,803	31.1	4,287	16.8	4,137
Colistin	2.9	1,916	1.1	2,011	0.8	1,653	0.7	2,436	0.2	1,734	0.6	860	1.2	925	0.5	1,034	0.3	2,437	0.4	2,011

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

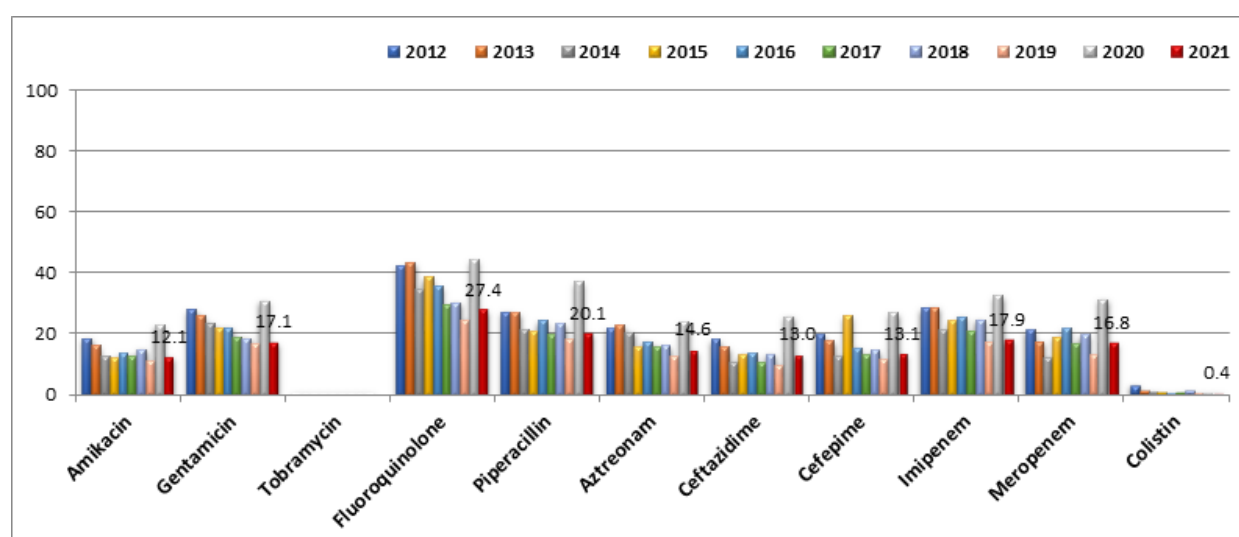


그림 2-26. 의원 분리 *P. aeruginosa* 항균제 내성률 (%)

2. 3. 8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

2021년 의원 내성률 조사에서 아시네토박터균(*A. baumannii*)의 주요 분리원은 소변(34.6%), 호흡기(31.0%), 비뇨·생식기(10.8%) 검체 순으로 확인되었다. 의원의 항균제 내성률은 중소병원과 요양병원에 비해 전반적으로 낮게 나타났으며, 2021년 imipenem과 meropenem 내성률은 각각 42.0%, 43.0%로 2020년보다 15.2%p, 15.1%p 감소했다. 2020년 대비 전반적인 항균제 내성률이 감소하여 50% 아래의 내성률로 나타났지만, amikacin과 colistin 내성률은 각각 42.1%, 1.0%로 2020년에 비해 21.6%p, 0.5%p 증가한 것을 확인하였다. (표 2-27, 그림 2-27)

표 2-27. 의원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021*	
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Amikacin	34.7	999	36.7	1,003	40.2	914	43.5	513	19.9	246	27.0	141	25.7	148	22.8	180	20.5	161	42.1	95
Gentamicin	55.3	1,460	44.0	1,345	42.0	1,024	54.1	1,337	37.6	1,106	42.6	1,089	34.1	1,550	29.5	1,634	46.3	1,646	37.4	888
Fluoroquinolone†	62.3	462	49.9	1,346	49.2	1,024	61.6	1,337	46.0	1,132	53.8	1,089	48.3	1,549	52.0	1,634	62.3	1,646	49.4	887
Piperacillin	57.1	1,456	47.7	1,345	45.3	544	54.1	1,114	37.8	1,066	47.4	1,088	45.5	1,550	48.7	1,633	60.2	1,646	45.8	888
Ceftazidime	55.5	1,460	46.0	1,346	45.6	1,024	56.6	1,337	34.4	1,103	45.5	1,089	44.1	1,550	47.3	1,634	58.6	1,646	42.9	888
Cefepime	50.8	1,460	43.8	1,345	40.4	545	56.1	1,312	35.6	1,104	47.7	1,089	44.7	1,550	47.8	1,634	58.4	1,646	43.0	888
Imipenem	48.1	1,460	42.0	1,346	53.1	800	56.4	1,258	35.4	1,120	44.9	1,088	43.8	1,550	47.1	1,634	57.2	1,646	42.0	888
Meropenem	48.3	1,456	42.3	1,344	43.8	908	55.5	1,334	36.4	1,077	45.4	1,089	44.2	1,549	47.1	1,631	58.1	1,646	43.0	888
Colistin	0.8	1,237	1.0	1,334	3.6	1,018	0.4	1,131	0.8	1,064	1.0	966	0.2	1,208	0.5	1,332	0.5	774	1.0	395

* 2021년부터 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과 산출을 위해 WHO 제공 WHONET을 활용하여 분석

† 2007-2009 ciprofloxacin, 2010-2011 levofloxacin, 2012 levofloxacin+ciprofloxacin, 2013-2021 ciprofloxacin

※ Tobramycin값은 2012년부터 패널 변경 등의 사유로 산출이 되지 않아 표에서 삭제

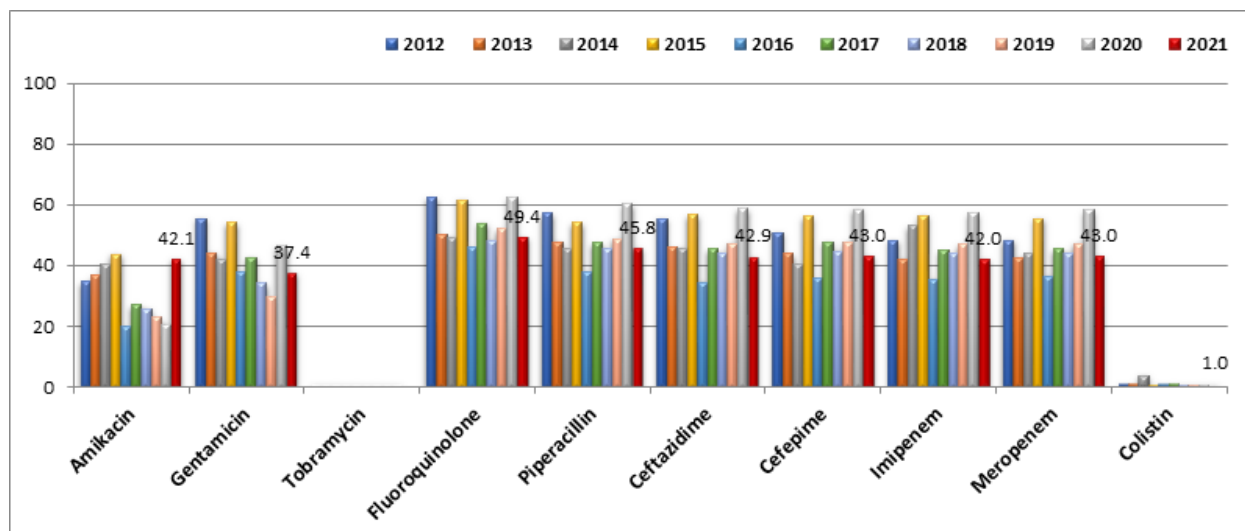


그림 2-27. 의원 분리 *A. baumannii* 항균제 내성률 (%)

2. 4. 주요 항균제 내성 비교

2. 4. 1. 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*)

MRSA 2021년 요양병원의 oxacillin 내성률은 85.0%로 2020년보다 3.8%p 감소하였고, 중소병원과 의원에서의 내성률도 각각 55.0%, 31.1%로 나타났으며, 2020년에 비해 모든 의료기관에서 내성률이 감소한 것을 확인하였다. (그림 2-28)

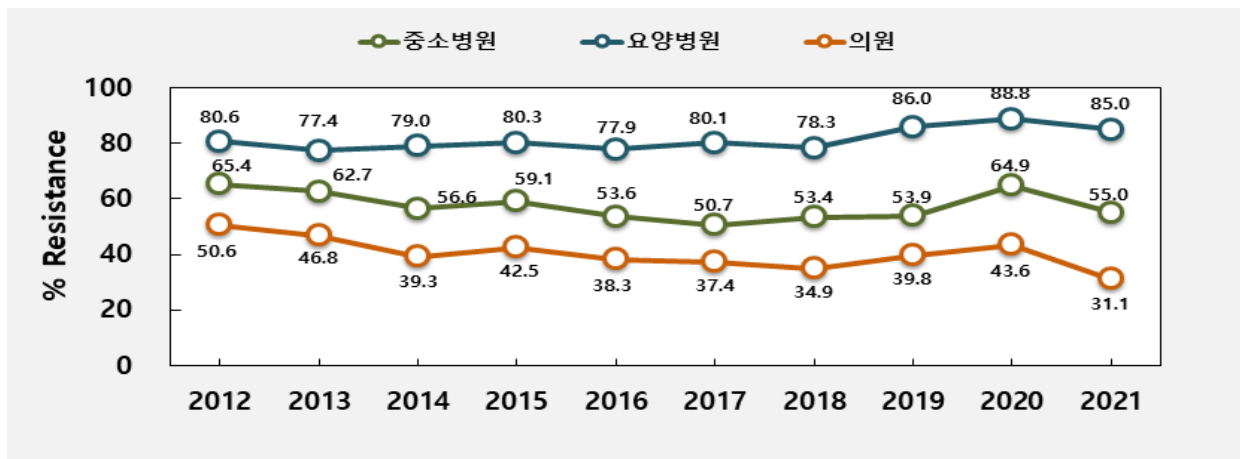


그림 2-28. 의료기관 종별 *S. aureus*의 oxacillin 내성률(%)

2021년 검체별 MRSA 내성률을 비교하였다. 중소병원, 의원에서 수집된 검체 중 호흡기 검체에서 각각 67.3%, 56.2%로 가장 높은 내성률을 보였으며, 상처, 혈액에서 다른 검체에 비해 비교적 높은 내성률을 보였다. 요양병원은 체액을 제외한 모든 검체에서 80% 이상의 내성률을 보였으며, 비노생식기에서 가장 높은 내성률을 보였다. (그림 2-29)

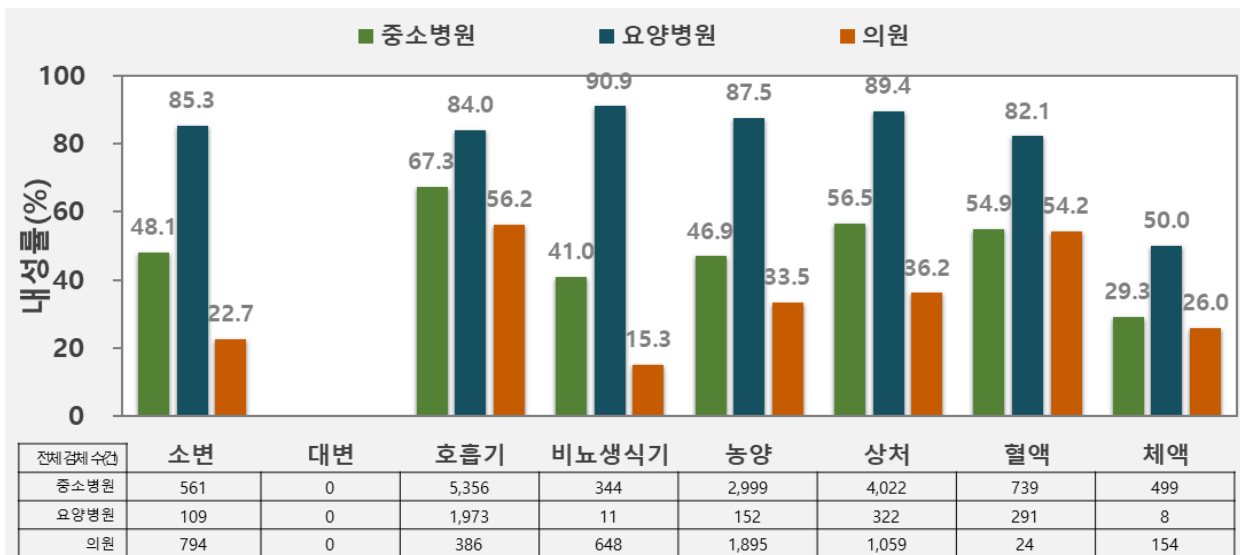


그림 2-29. 검체별 MRSA(oxacillin resistance for *S. aureus*) 내성률(%)

2. 4. 2. 장알균(*Enterococcus* spp.)

VRE 2021년 *E. faecalis*의 vancomycin 내성률은 의원에서 0.3%로 낮은 수준을 유지하였으며, 중소병원과 요양병원에서도 각각 1.3%, 15.9%로 작년보다 큰 감소세를 보였다. *E. faecium*의 vancomycin 내성률은 중소병원과 의원에서 각각 60.8%와 54.4%로 나타났으며 요양병원에서는 88.6%로 전년 대비 감소하였으나, 여전히 높은 내성률을 보였다. 전체 장알균(*E. faecalis*와 *E. faecium* 포함)에서 vancomycin 내성률은 중소병원과 요양병원, 의원이 각각 25.5%, 72.8%, 3.6%로 모두 2020년 대비 큰 폭으로 감소하였으나, 의원을 제외한 의료기관에서는 여전히 2019년보다 증가한 수치로 나타났다. (그림 2-30, 2-31, 2-32)

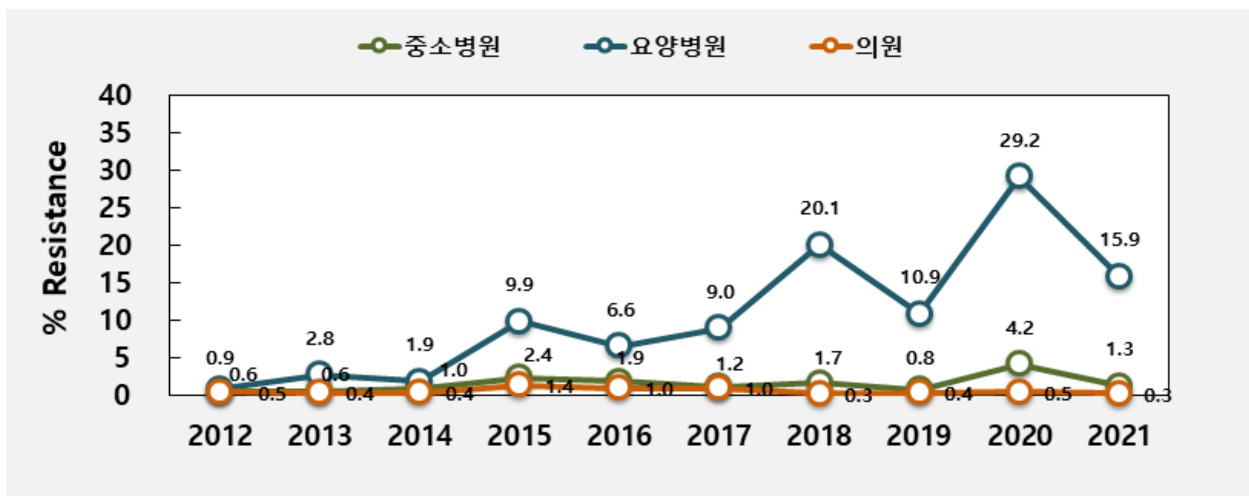


그림 2-30. 의료기관 종별 *E. faecalis*의 vancomycin 내성률(%)

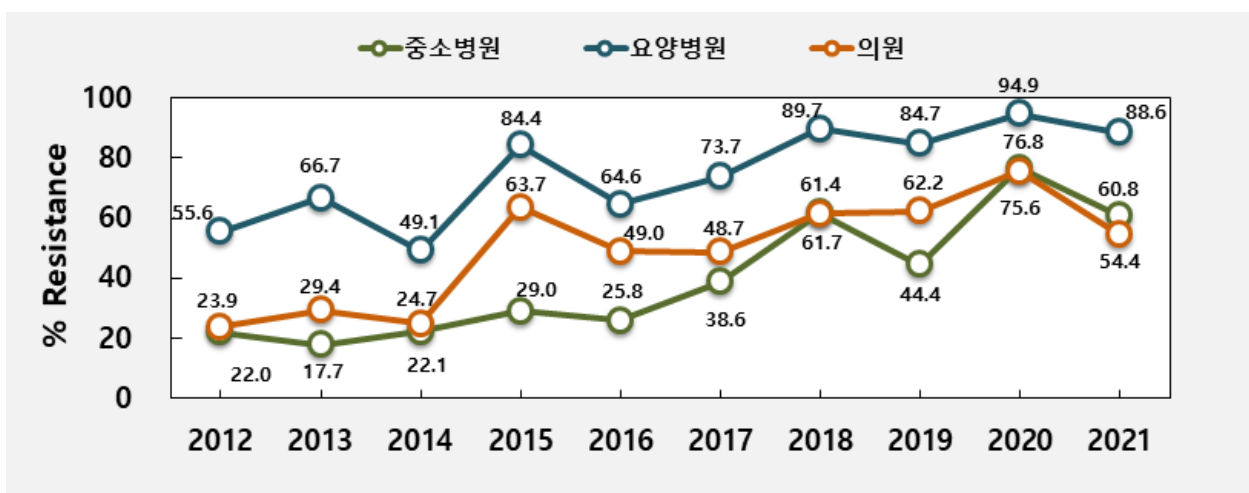


그림 2-31. 의료기관 종별 *E. faecium*의 vancomycin 내성률(%)

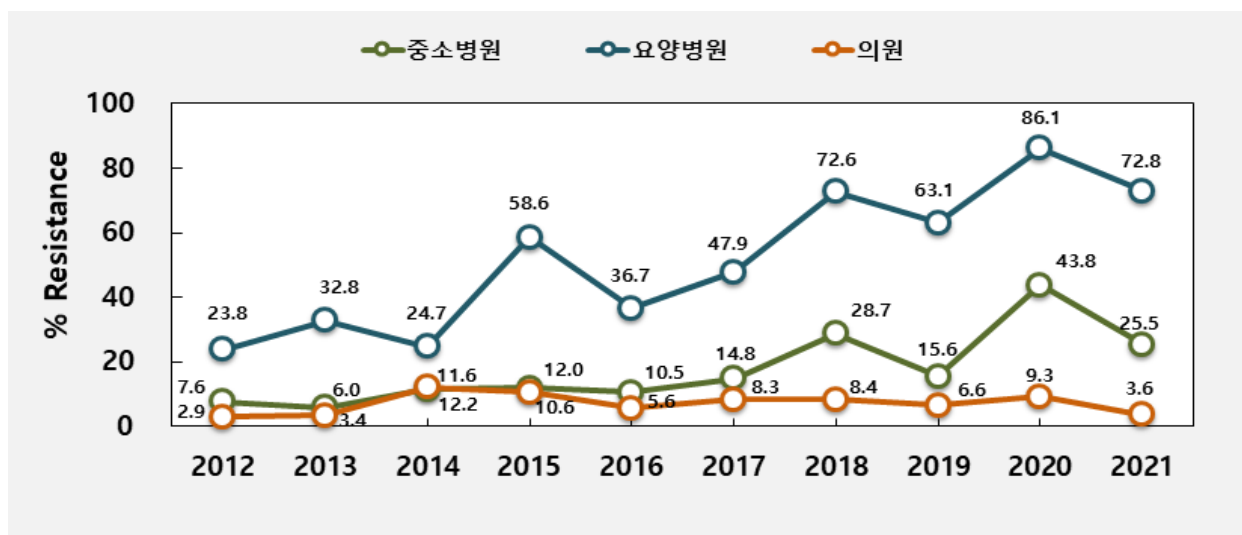


그림 2-32. 의료기관 종별 vancomycin 내성 *Enterococcus* spp. 내성률(%) 동향

2021년 검체별 VRE 내성률을 비교하였다. 대변에서 수집된 검체에서는 의료기관 종별에 상관없이 매우 높은 내성률을 보였다. *E. faecalis*에서는 요양병원 호흡기, 비뇨생식기 검체에서 내성이 비교적 높게 나타났으나 검체 건수가 적어 내성률 해석에 유의할 필요가 있다. *E. faecium*의 경우 요양병원 대부분의 검체에서 50%를 넘는 내성률을 보였으며, 중소병원 호흡기(59.5%), 소변(38.4%), 상처(38.8%), 혈액(37.7%)로 비교적 높은 내성률을 보였다. (그림 2-33, 2-34)

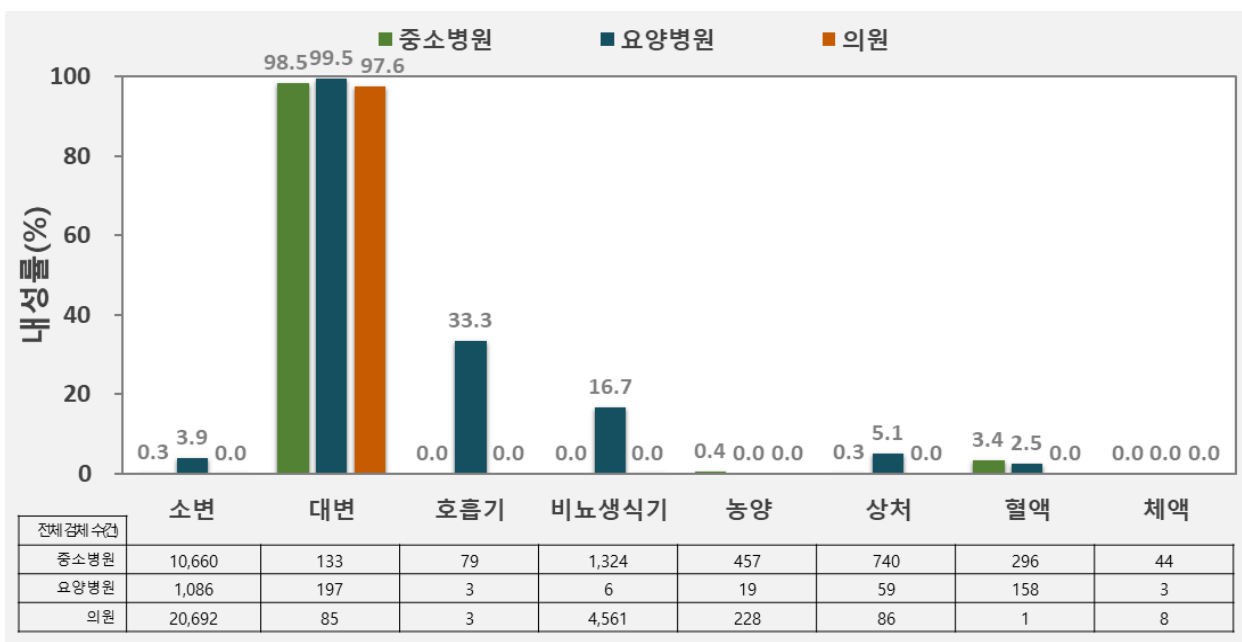
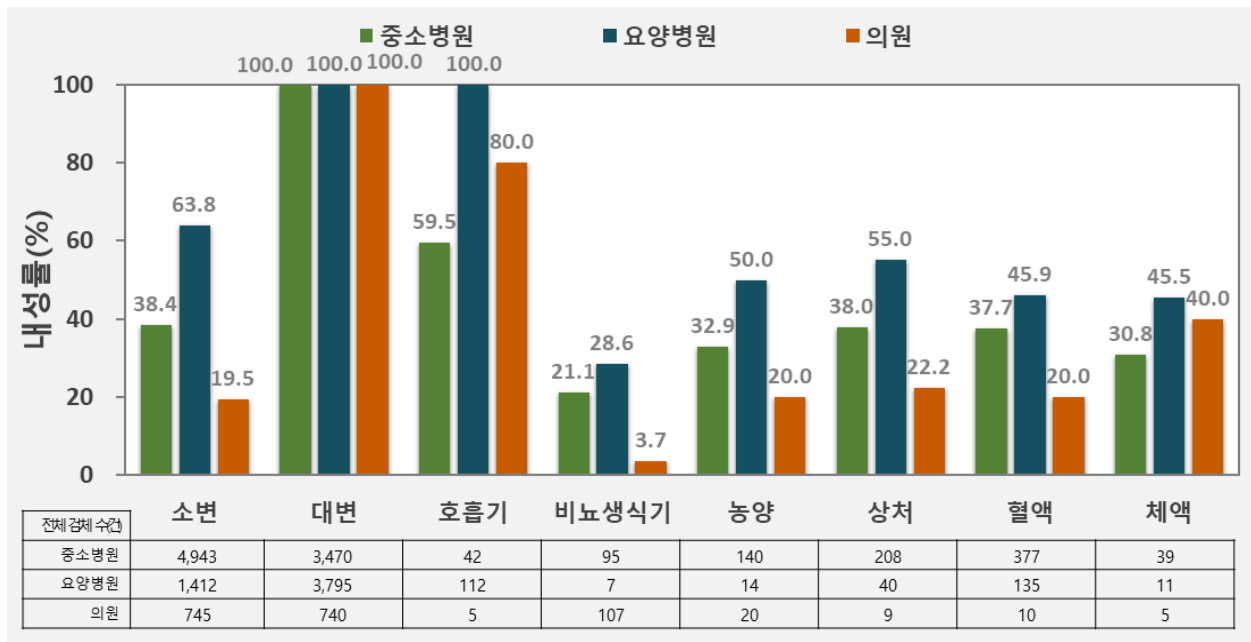


그림 2-33. 검체별 vancomycin 내성 *Enterococcus faecalis* 내성률(%)

그림 2-34. 검체별 vancomycin 내성 *Enterococcus faecium* 내성률(%)

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

Penicillin G 내성분석 2017년부터 2021년까지 5년에 대한 중소병원, 요양병원, 의원에서 분리한 폐렴사슬알균의 penicillin G MIC 분포를 농도별로 구분하여 분석하였다. 2012년 상반기부터 분석장비에 이용되는 카드의 변경(AST-ST01)에 따라 항균제 감수성 검사의 농도 범위 증가로 중간내성과 내성을 판별할 수 있었다. 2021년 penicillin G의 MIC가 8 $\mu\text{g/mL}$ 로 내성인 비율은 중소병원 15.9%, 요양병원 65.1%, 의원 18.2%였다. 의료기관 종별에 상관없이 가장 낮은 농도인 0.06 $\mu\text{g/mL}$ 의 분포도가 점점 줄고, 높은 농도의 분포가 증가하는 양상을 확인할 수 있었다. (그림 2-35)

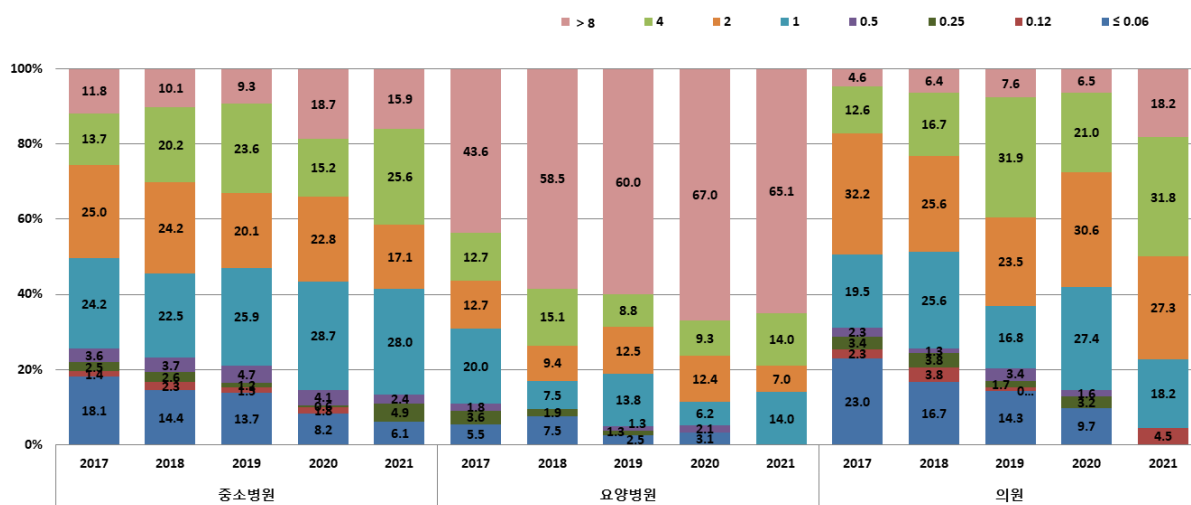


그림 2-35. 의료기관 종별 *S. pneumoniae*의 '페니실린 G' 내성(MIC, 최소억제농도) 분포(%)

2. 4. 4. 대장균(*Escherichia coli*)

3rd Generation Cephalosporin Resistance 3세대 cephalosporin계인 cefotaxime, ceftazidime의 내성률을 의료기관별로 비교하면 요양병원의 내성률이 가장 높고 중소병원, 의원 순으로 나타났다. 전반적으로 cefotaxime에 대한 내성이 ceftazidime보다 낮은 것으로 나타났다. 3세대 cephalosporine계 항균제 내성률의 변화는 beta-lactamase를 생성하는 유전자의 종류에 영향을 받으므로 내성률 변화에 주목할 필요가 있다. 2020년 대비 항균제 내성률은 감소하였으나, 요양병원에서의 항균제 내성률은 증가하는 추세이며 높은 내성률을 유지하고 있어 지속적인 관찰이 필요하다. (그림 2-36, 2-37)

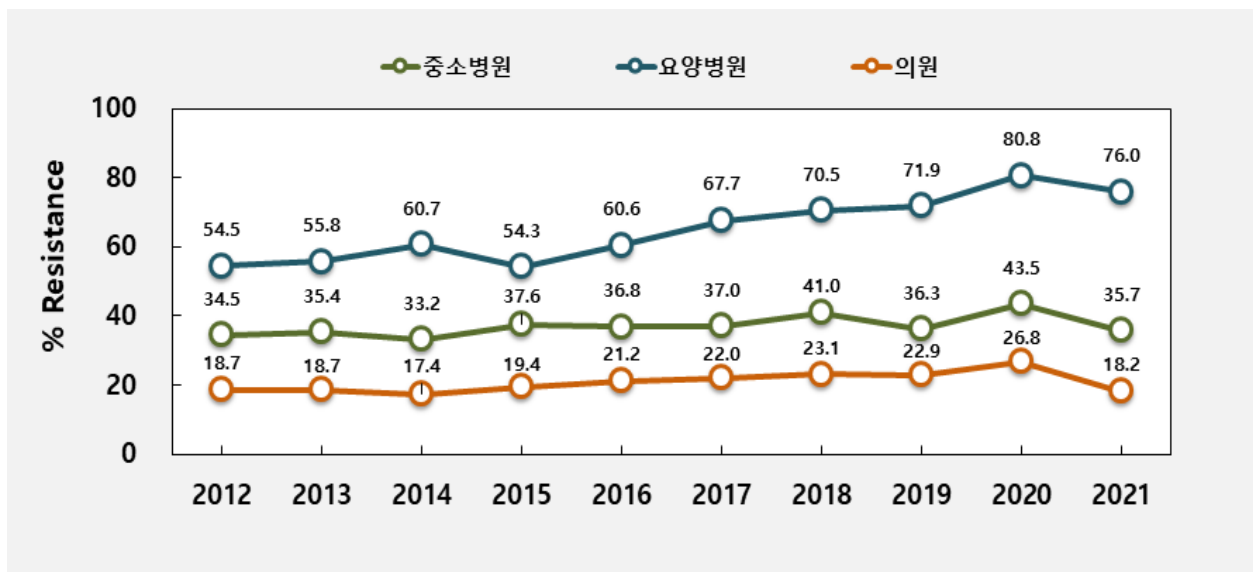


그림 2-36. 의료기관 종별 *E. coli*의 cefotaxime 내성률(%)

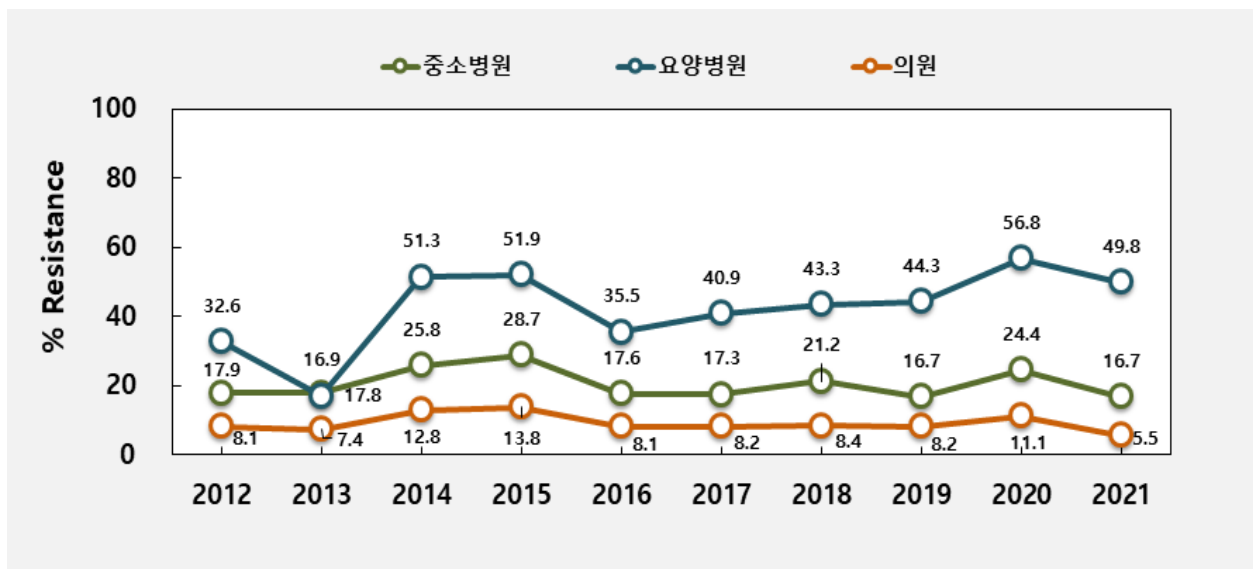


그림 2-37. 의료기관 종별 *E. coli*의 ceftazidime 내성률(%)

CRE 2021년 검체별 *E. coli*의 imipenem 내성률을 비교하였다. 대변에서 수집된 검체에서는 의료기관 종별에 상관없이 매우 높은 내성률을 보였으며, 호흡기 검체에서도 각각 5.2%, 7.9%, 1.8%로 비교적 높은 내성률을 볼 수 있었다. 전체 건수가 너무 적은 검체에 대해서는 내성률 해석에 유의할 필요가 있다. (그림 2-38)

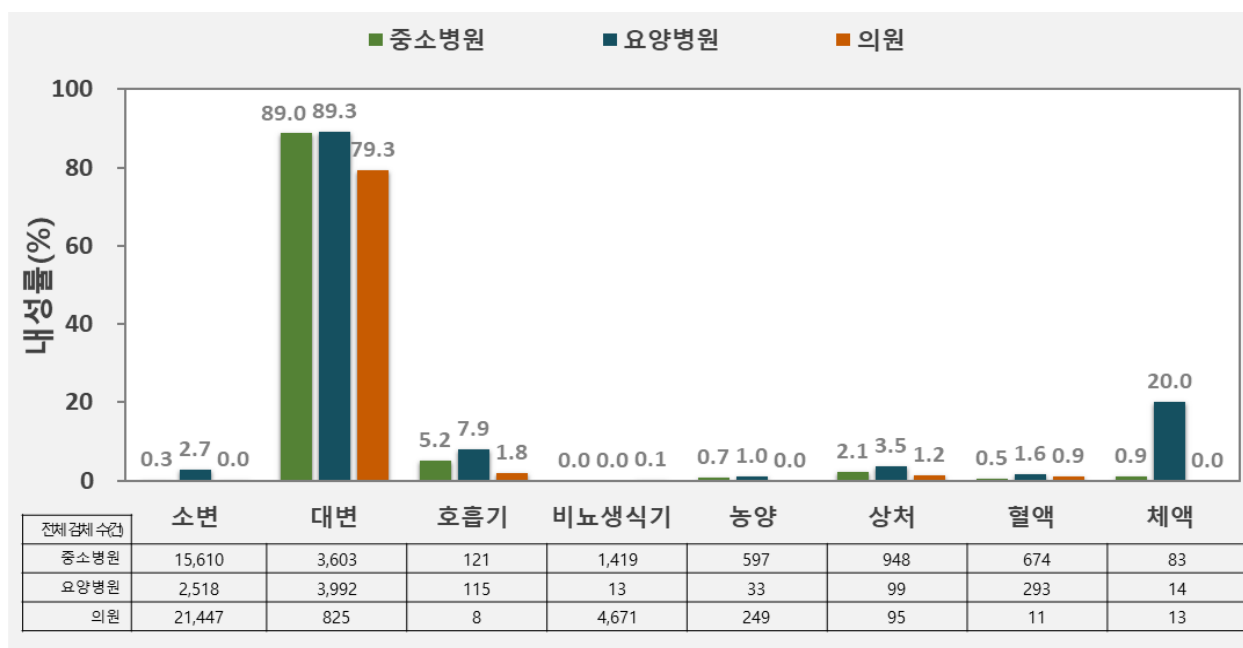


그림 2-38. 검체별 imipenem 내성 *E. coli* 내성률(%)

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 중소병원, 요양병원, 의원 모두에서 2020년보다 감소하였으나, 의원을 제외한 의료기관에서 모두 증가하는 추세이므로 지속적인 관찰이 필요하다. (그림 2-39, 2-40)

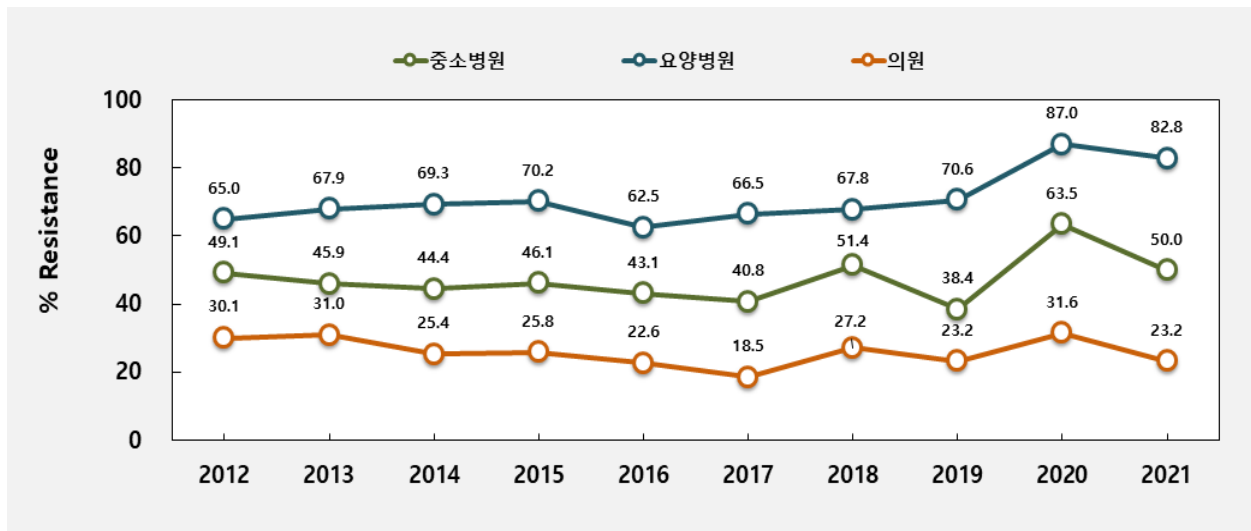


그림 2-39. 의료기관 종별 *K. pneumoniae*의 cefotaxime 내성률(%)

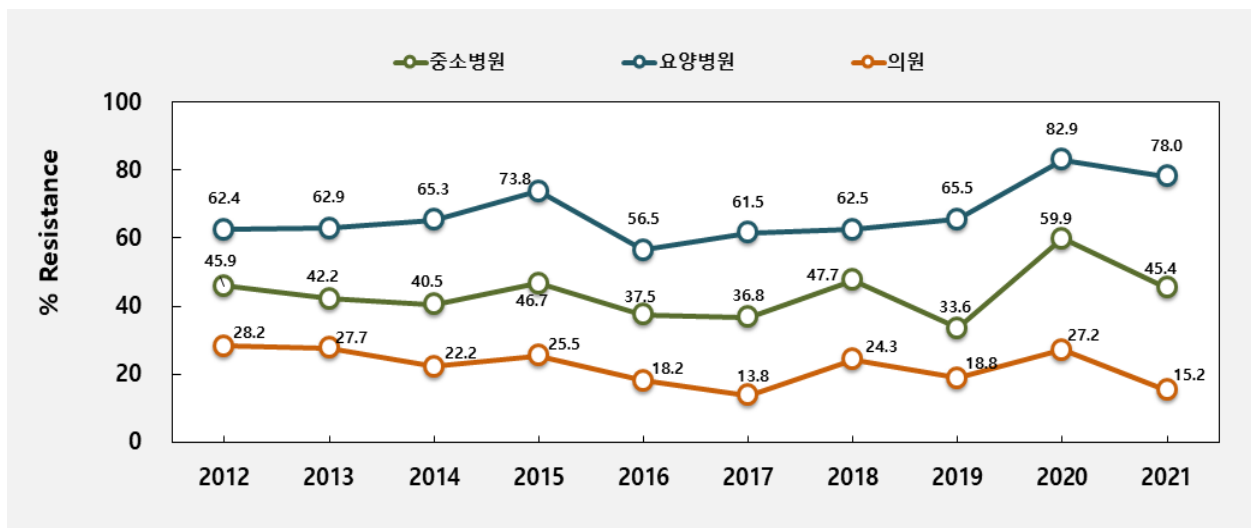


그림 2-40. 의료기관 종별 *K. pneumoniae*의 ceftazidime 내성률(%)

CRE 2021년 검체별 *K. pneumoniae*의 imipenem 내성률을 비교하였다. 대변에서 수집된 검체에서는 의료기관 종별에 상관없이 매우 높은 내성률을 보였으며, 요양병원은 대부분의 검체에서 높은 내성률을 볼 수 있었다. 이 외 중소병원에서는 상처(18.7%), 호흡기(14.0%), 농양(8.8%) 순으로 내성률이 높았으며, 의원에서는 호흡기(11.9%), 상처(7.9%) 순으로 높은 내성률을 보였다. 전체 건수가 너무 적은 검체에 대해서는 내성률 해석에 유의할 필요가 있다. (그림 2-41)

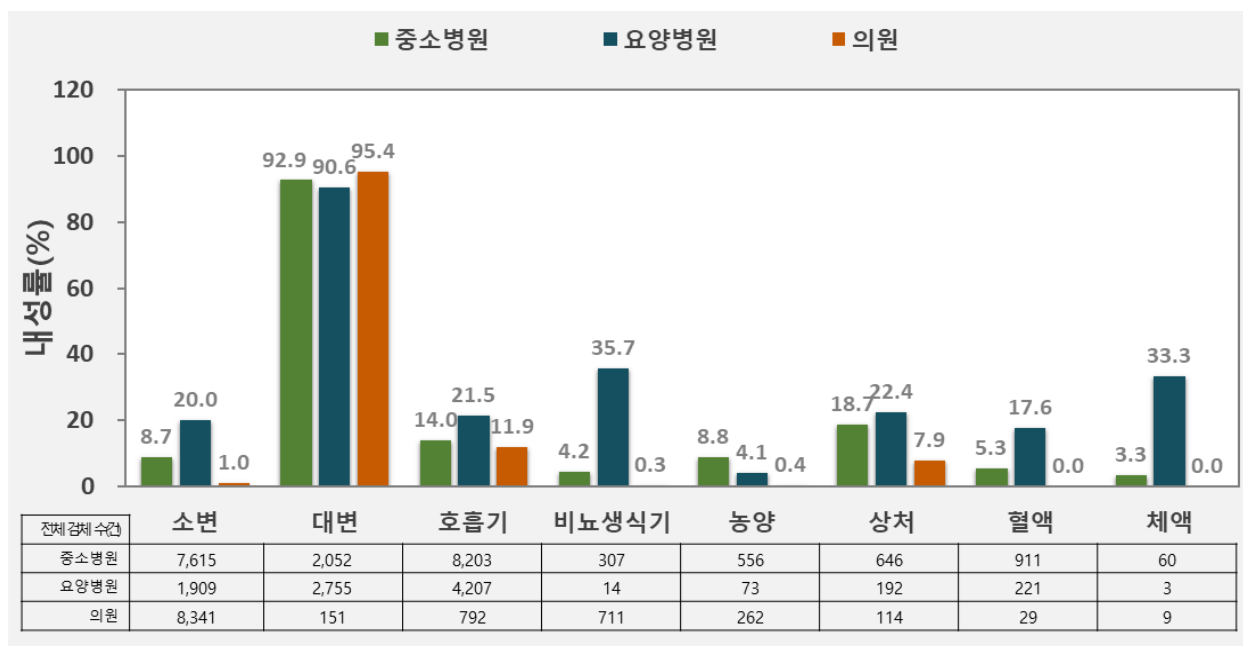
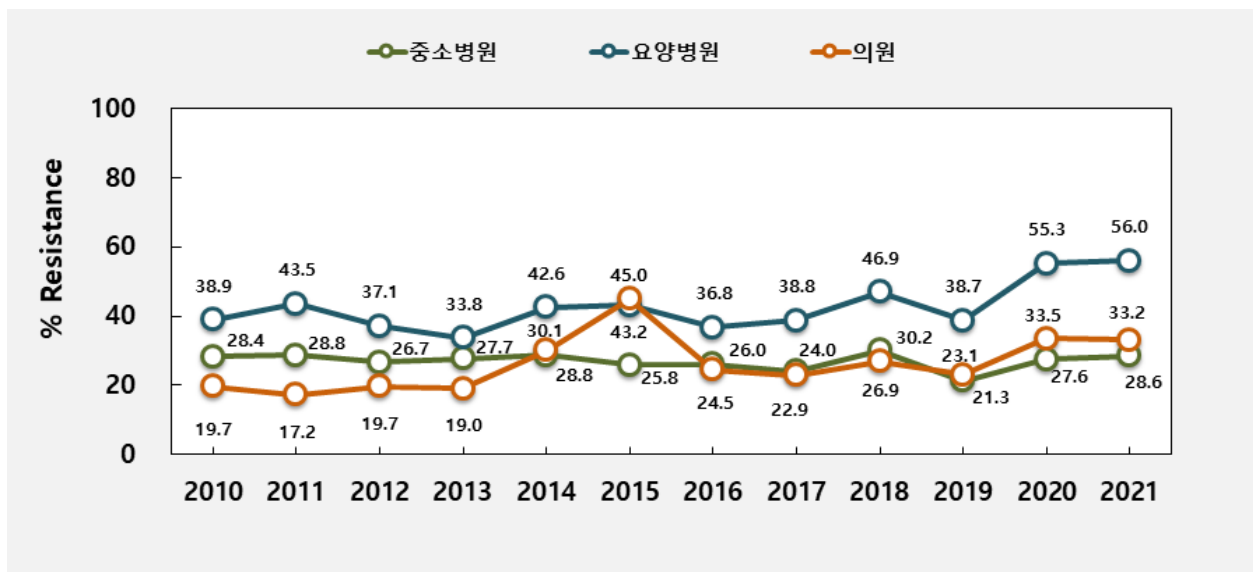
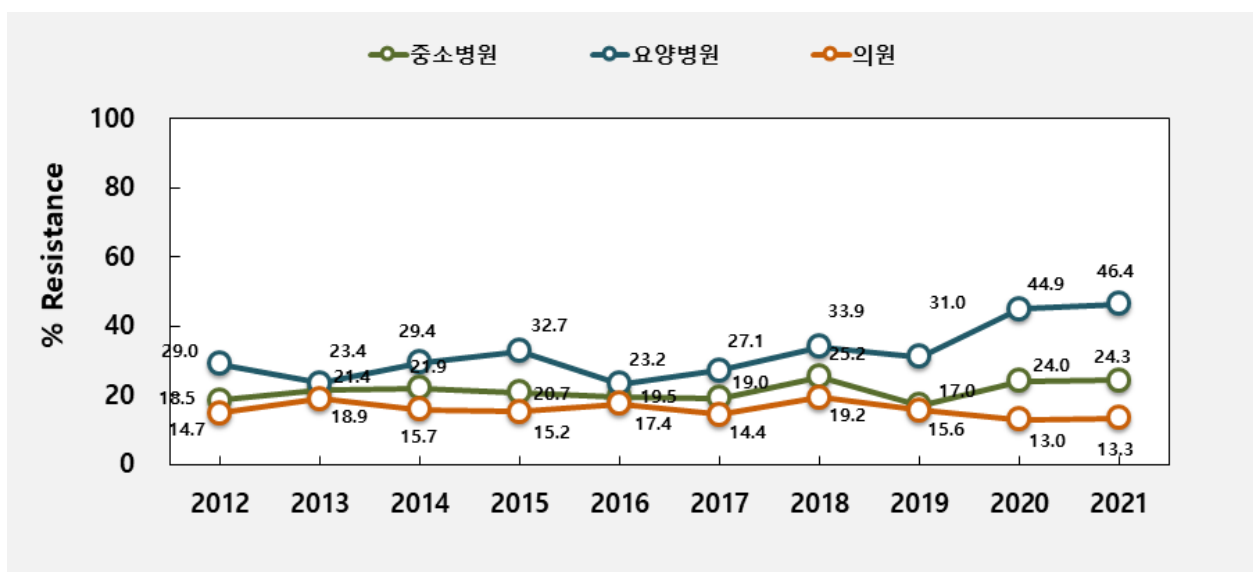


그림 2-41. 검체별 imipenem 내성 *K. pneumoniae* 내성률(%)

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 28.6%, 24.3%, 요양병원 cefotaxime, ceftazidime 내성률은 56.0%, 46.4%로 모두 전년에 비해 소폭 증가하였으며, 의원인 경우, cefotaxime 내성률은 33.2%로 소폭 감소했으나, ceftazidime 내성률은 13.3%로 소폭 증가하였다. 의료기관 종별로 2019년 대부분이 감소한 이후, 2020년부터 다시 증가하는 경향을 보였다. (그림 2-42, 2-43)

그림 2-42. 의료기관 종별 *E. cloacae*의 cefotaxime 내성률(%)그림 2-43. 의료기관 종별 *E. cloacae*의 ceftazidime 내성률(%)

CRE 2021년 검체별 *E. cloacae*의 imipenem 내성률을 비교하였다. 대변에서 수집된 검체에서는 의료기관 종별에 상관없이 매우 높은 내성률을 보였으며, 요양병원 상처, 호흡기 검체에서도 각각 7.7%, 5.0%로 비교적 높은 내성률을 볼 수 있었다. 이 외 중소병원에서는 혈액(6.6%), 소변(2.4%) 순으로 내성률이 높았으며 의원에서는 호흡기, 소변에서 각각 1.0%, 0.3%로 낮은 내성률을 확인하였다. (그림 2-44)

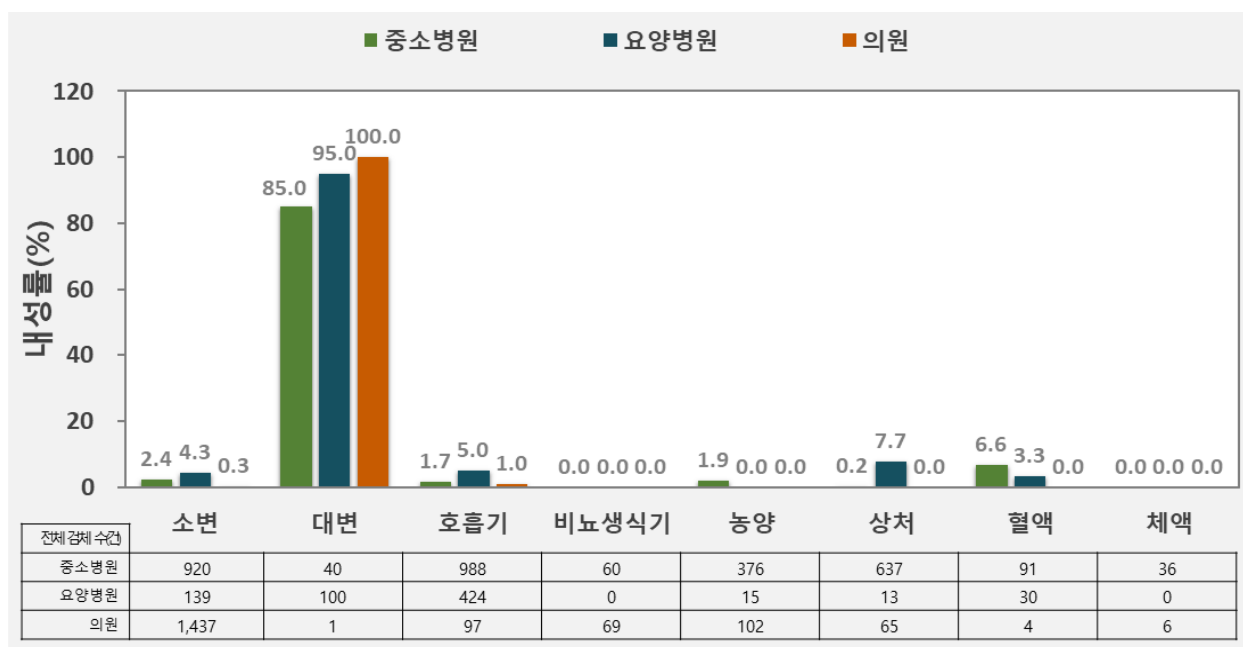


그림 2-44. 검체별 imipenem 내성 *E. cloacae* 내성률(%)

2. 4. 7. 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa*)

Carbapenem Resistance 중소병원, 요양병원, 의원 of imipenem, meropenem 내성률은 2020년보다 모두 감소하였다. 2021년 imipenem 내성률은 17.9-50.7%, meropenem 내성률은 16.8-46.9%로 나타났다. Imipenem, meropenem 내성률 모두 요양병원이 가장 높았으며, 의원에서 가장 큰 폭으로 감소하여 가장 낮은 수치를 보였다. (그림 2-45, 2-46)

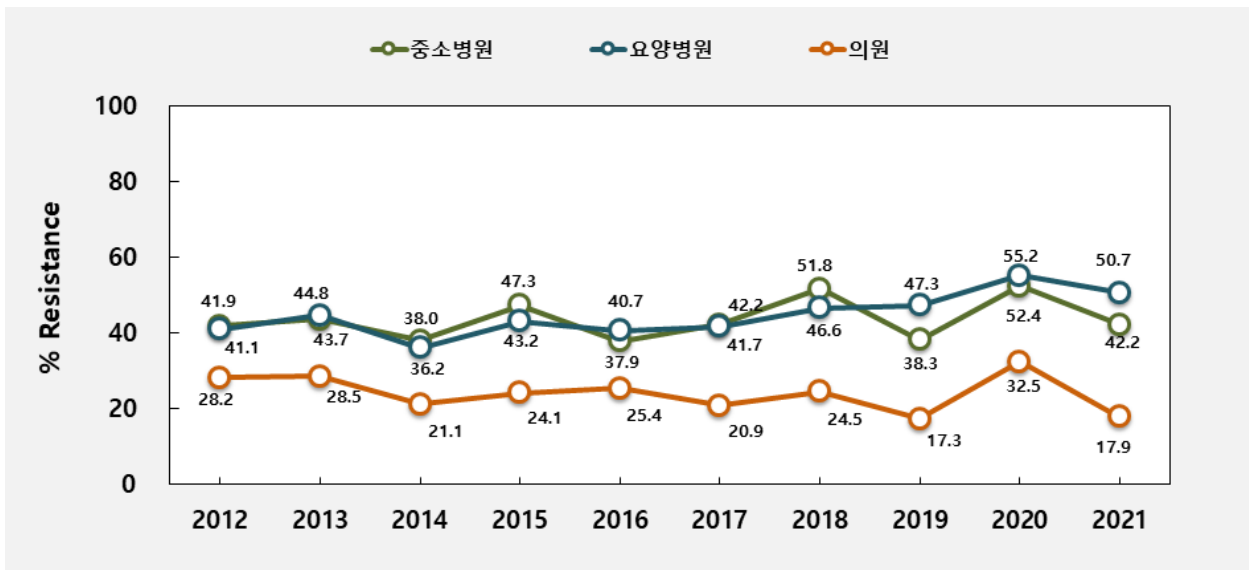


그림 2-45. 의료기관 종별 *P. aeruginosa* 의 imipenem 내성률(%)

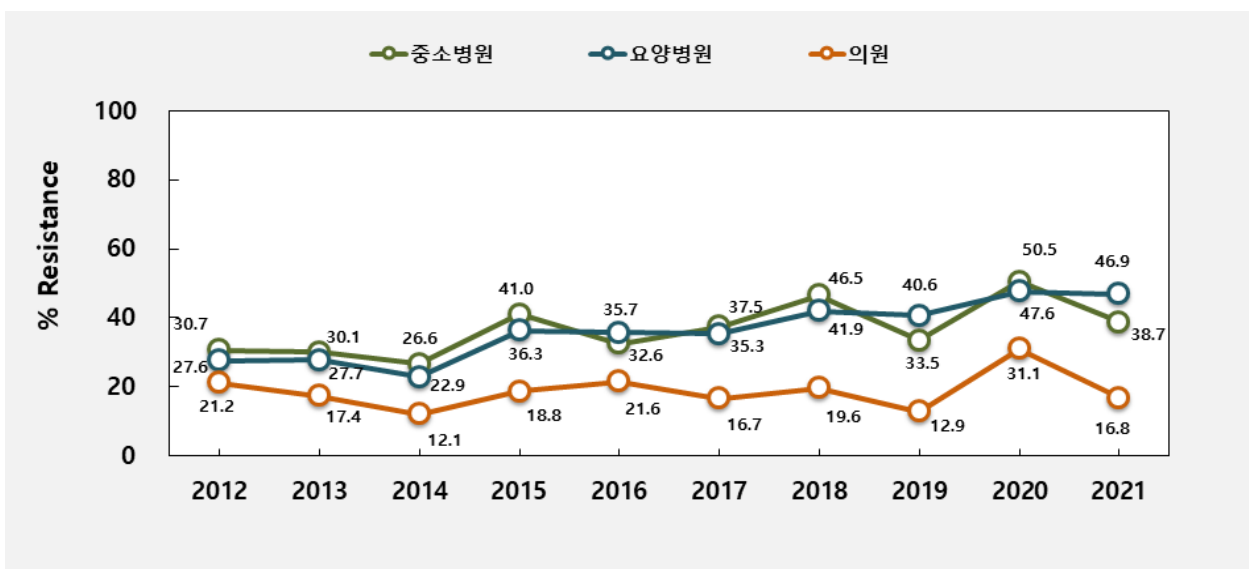


그림 2-46. 의료기관 종별 *P. aeruginosa* 의 meropenem 내성률(%)

MRPA(다제내성녹농균 ; Multidrug-resistance *P. aeruginosa*)

Carbapenem계(imipenem 또는 meropenem), aminoglycoside계(amikacin 또는 gentamicin), fluoroquinolone계(ciprofloxacin 또는 levofloxacin) 등 세 계열의 항균제에 모두 내성(MDR)을 나타내는 녹농균은 2020년 중소병원, 요양병원, 의원에서 각각 39.8%, 39.3%, 30.8%에서 2021년 각각 33.1%, 38.8%, 15.0%로 감소하였다. 다제내성 녹농균은 2016년 이후 증가 추세를 보였으나 2020년부터 다시 감소하거나 정체하는 양상을 보였으며, 특히 2021년 의원에서 다제내성률이 큰 폭으로 감소한 것을 확인하였다. (그림 2-47)

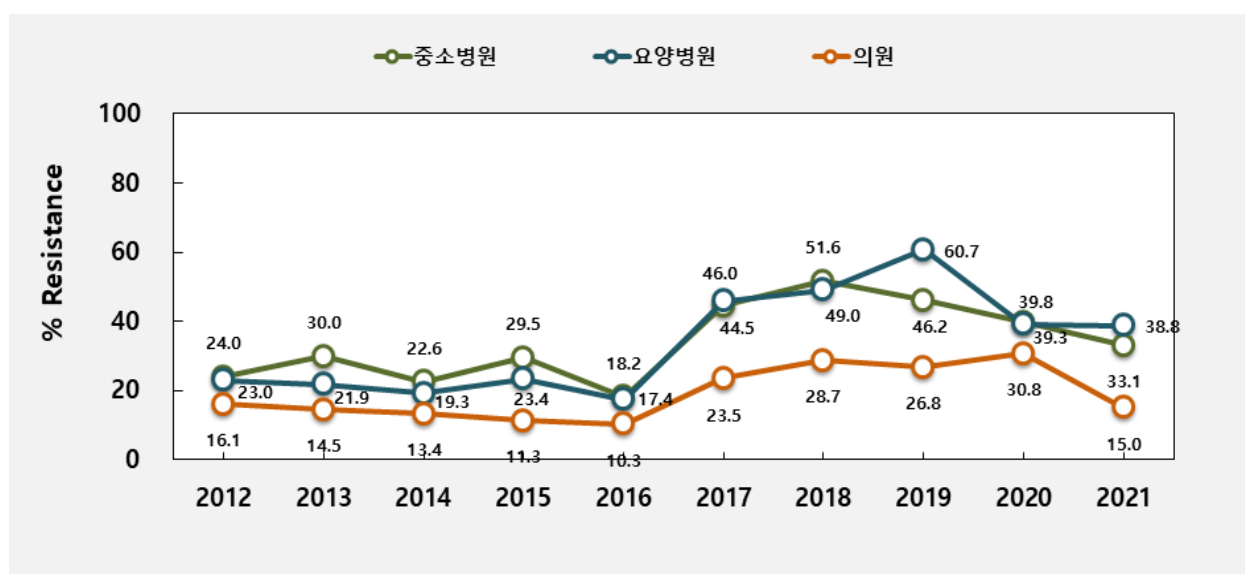
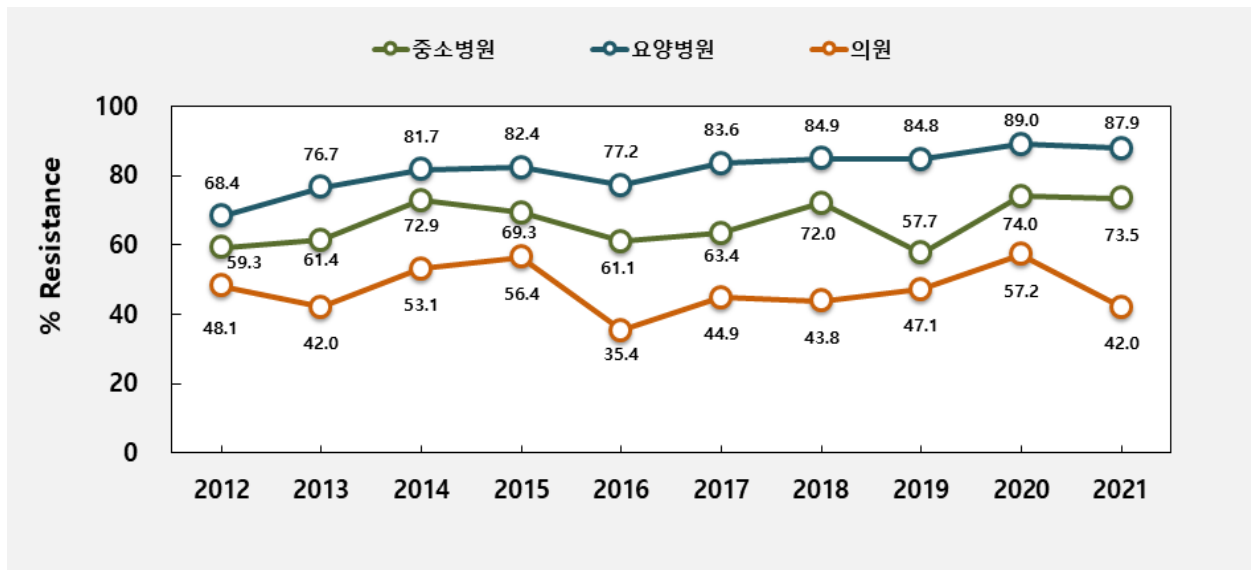
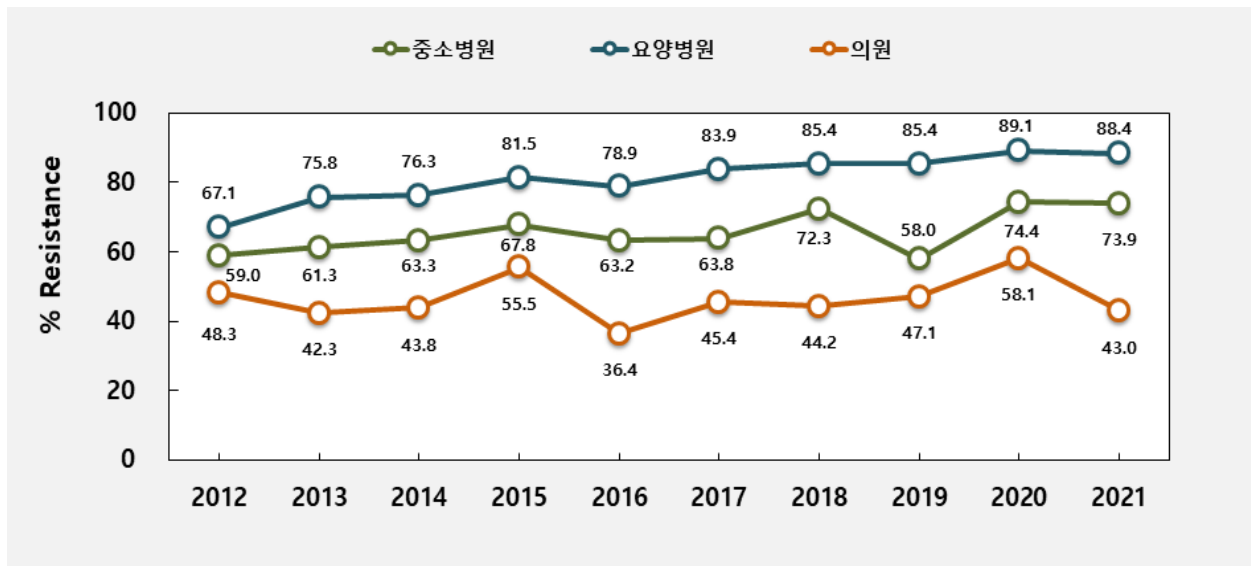


그림 2-47. 의료기관 종별 MRPA 내성률(%) 동향

2. 4. 8. 아시네토박터균(*Acinetobacter baumannii*)

Carbapenem Resistance Carbapenem 내성률은 최근 5년간 대체로 증가 추세를 보였다. 2021년 내성률은 imipenem과 meropenem 모두 중소병원, 요양병원에서는 2020년 대비 소폭 감소하였으나, 거의 비슷한 수치를 유지하였으며, 의원에서 많이 감소한 수치를 확인할 수 있었다. (그림 2-48, 2-49)

그림 2-48. 의료기관 종별 *A. baumannii*의 imipenem 내성률(%)그림 2-49. 의료기관 종별 *A. baumannii*의 meropenem 내성률(%)

MRAB(다제내성 아시네토박터바오마니균 ; Multidrug-resistance *A. baumannii*)

Carbapenem계(imipenem 또는 meropenem), aminoglycoside계(amikacin 또는 gentamicin), fluoroquinolone계(ciprofloxacin 또는 levofloxacin) 등 세 계열의 항균제에 모두 내성(MDR)을 나타내는 *A. baumannii*는 2021년에 요양병원 75.3%, 병원 60.5%, 의원 37.1% 순으로, 2020년 대비 모두 감소한 수치를 확인하였다. (그림 2-50)

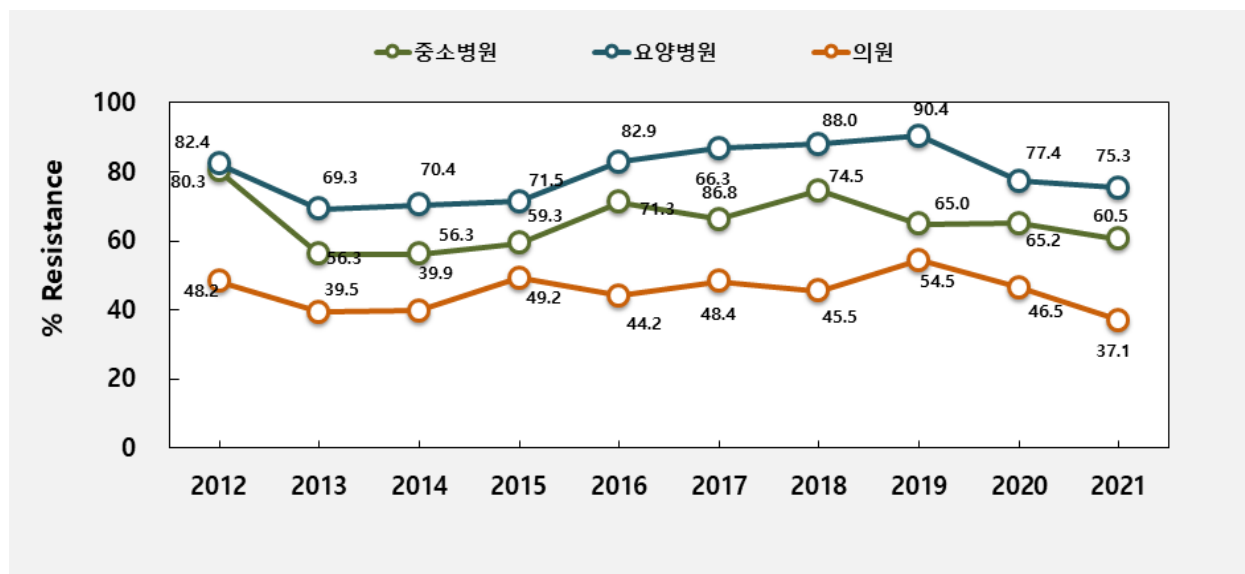


그림 2-50. 의료기관 종별 MRAB 내성률(%) 동향

3

주요 법정감염병 원인균

2021 국가 항균제 내성정보 모니터링

3

주요 법정감염병 원인균

3. 1. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 장내세균

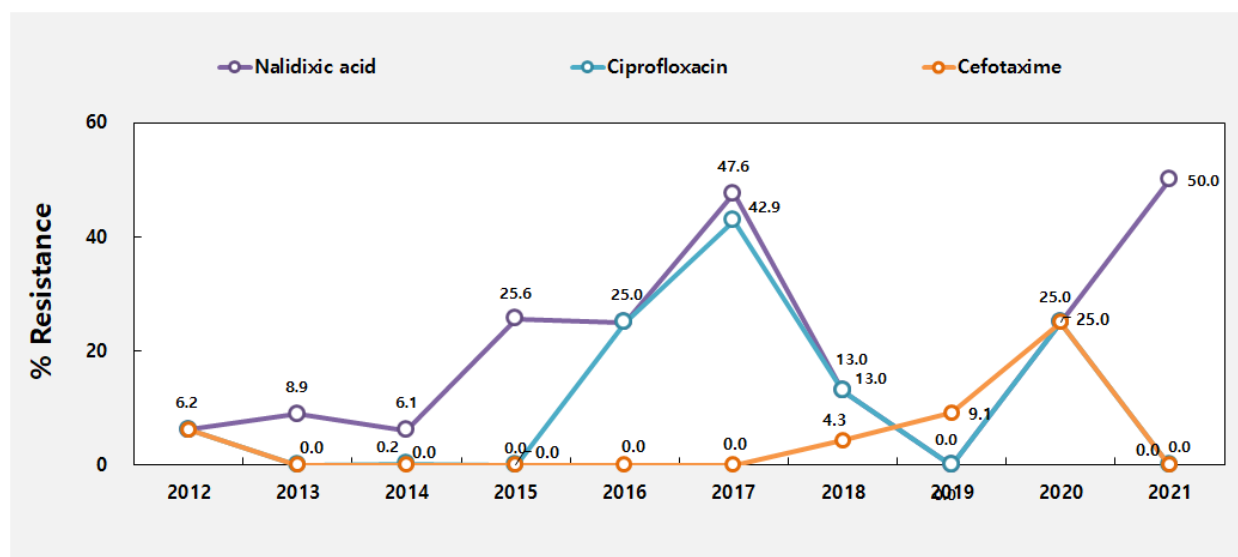
우리나라에서 설사 환자로부터 분리된 장내세균에서의 주요 항균제에 대한 내성은 병원체별로 차이를 보이기는 하나 낮은 수준에서 유지되었다. 그러나 1999년 세균성 이질의 대유행기에 ESBL을 생산하는 *Shigella sonnei*가 처음 분리된 이후 2002년까지 20여주의 ESBL 생산 *S. sonnei*가 확인되었고, 2004년에는 CTX-M-14형 ESBL을 생산하는 *S. sonnei*에 의한 집단감염까지 발생하면서 지역사회에서의 항균제 내성 감시의 중요성이 대두되었다. 2004년에 ESBL 생산주에 의한 집단환자 발생사례는 실험실 감시를 통해 질병관리본부(現 질병관리청)의 효과적인 대처가 가능하였고 항균제 내성 모니터링의 중요성을 인식시켜준 사례라 할 수 있다. 최근 국내에서 분리된 장내세균에서는 다제내성균의 출현과 cefotaxime과 ciprofloxacin에 대한 내성률이 지속적으로 증가하고 있어 이에 대한 실험실 감시의 역할이 중요시되고 있다.

3. 1. 1. 장티푸스균(*Salmonella Typhi*)

2021년 국내에는 분리된 *Salmonella Typhi* 총 2주로 모두 gentamycin, cefotaxime, ciprofloxacin, Trimethoprim/ Sulfamethoxazole 항균제에는 감수성을 보였고, 그 중 1주는 ampicillin, nalidixic acid 항균제에 내성이 확인되었다. Cefotaxime 내성균은 2012년 이후 보고되지 않다가 2018년 재출현 한후 2020년까지 지속적으로 확인되었으나 2021년도에는 다시 분리되지 않았다. (표 3-1, 그림 3-1)

표 3-1. *S. Typhi* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수	16	45	99	43	16	21	23	11	4	2
Ampicillin	18.8	8.9	1.0	4.7	0.0	0.0	4.3	9.1	25.0	50.0
Gentamicin	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cefotaxime	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	9.1	25.0	0.0
Nalidixic acid	6.2	8.9	6.1	25.6	25.0	47.6	13.3	0.0	25.0	50.0
Ciprofloxacin	6.2	0.0	2.0	0.0	25.0	42.9	13.3	0.0	25.0	0.0
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	0.0	4.3	0.0	25.0	0.0



* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

그림 3-1. *Salmonella Typhi* 항균제 내성률(%) 동향

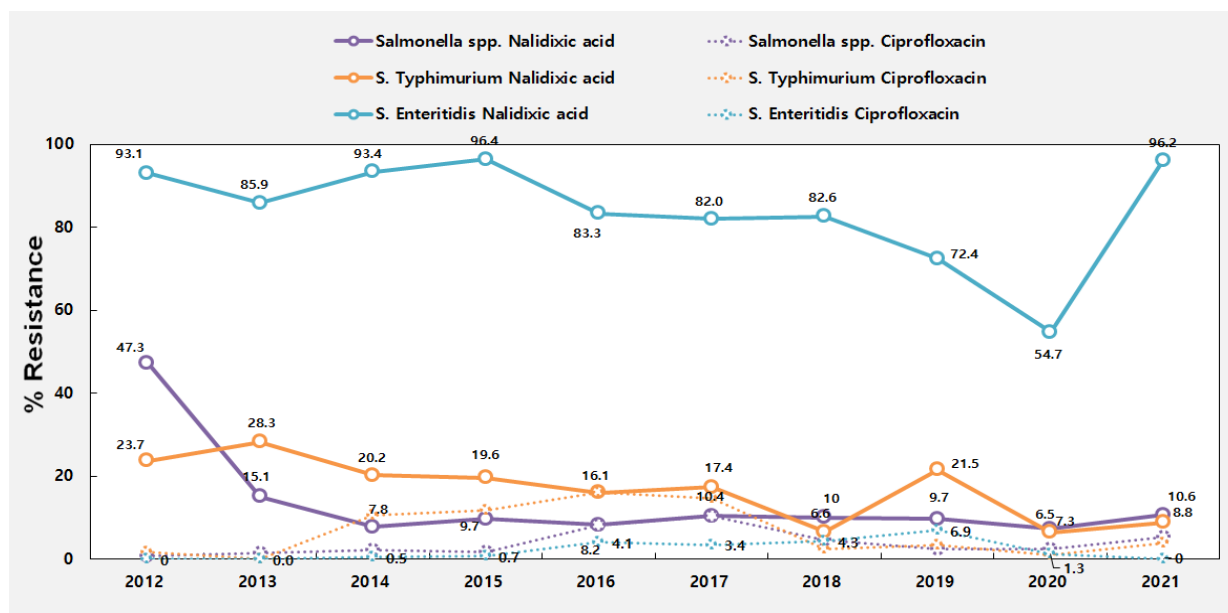
3. 1. 2. 비장티푸스성 살모넬라균(Non-typhoidal *Salmonella*)

비장티푸스성 살모넬라균은 *S. Typhi*와 *S. Paratyphi*를 제외한 살모넬라 혈청형 군들로 2021년에도 대부분의 산업화 국가와 같이 우리나라에서 확인된 전체 살모넬라 혈청형 중 *S. Typhimurium* 및 *S. I 4,[5],12:i:-*가 전체 39.0%로 가장 많은 분포를 보였고 *S. Enteritidis*가 19.0%로 다음 순위를 차지하였다. 이러한 이유로 비장티푸스성 살모넬라균의 항균제 내성 양상은 이 혈청형들의 항균제 내성분포가 전체 내성률에 영향을 미치고 있는 것으로 확인된다. 비장티푸스성 살모넬라균의 nalidixic acid 내성률은 2017년을 제외하고 2013년 이후 지속적인 감소추세에서 2021년에 전년대비 3.3% 증가하여 10.6%으로 확인되었고 ciprofloxacin에 대한 내성률도 2018년 이후 지속적인 감소추세를 보였으나 2021년도에 다시 증가하는 것을 확인되었다. (표 3-2, 그림 3-2)

Cefotaxime은 전체 비장티푸스성 살모넬라균에서는 4.7%로 전년대비 내성률이 감소하였고 *S. Enteritidis*도 7.7%로 전년과 유사한 경향을 보였으나, *S. Typhimurium*는 19.4%로 작년대비 내성률이 크게 증가된 것을 확인하였다. (표 3-2, 그림 3-3) Cefotaxime 내성이 확인된 *S. Enteritidis*는 대부분 *bla*_{CTX-M-15} 유형의 ESBL (extended spectrum beta 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.

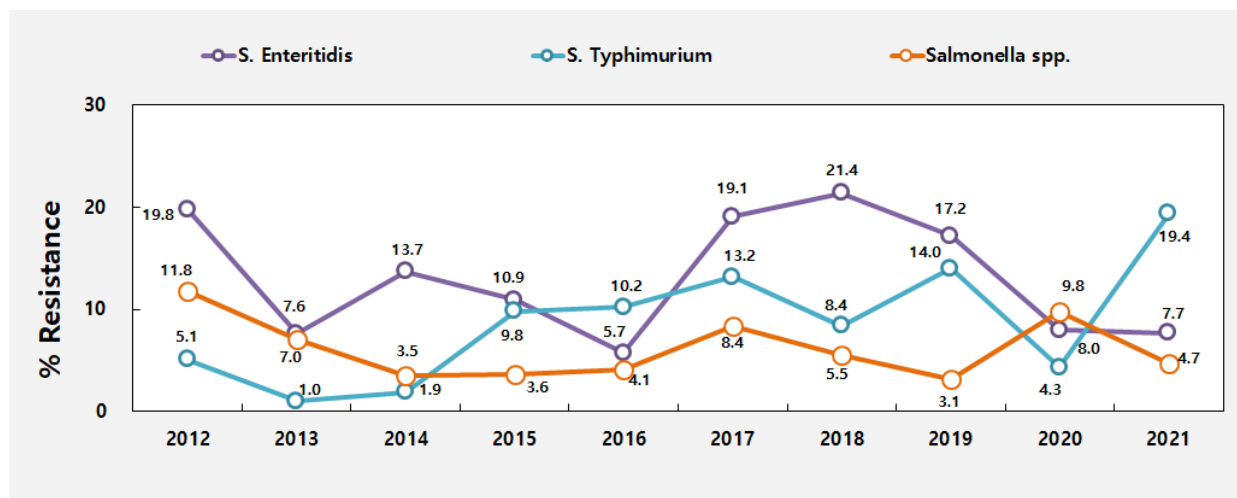
표 3-2. 비장티푸스성 *Salmonella* spp. 항균제 내성률 (%)

항균제	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수	372	431	632	360	331	905	440	557	358	410
Ampicillin	57.8	34.2	19.6	30	32.9	32.4	12.5	33.9	26.0	14.7
Gentamicin	14.8	7.7	1.4	1.9	3.9	4.6	2.7	2.9	5.3	2.9
Cefotaxime	11.8	7.0	3.5	3.6	4.1	8.4	5.5	3.1	9.8	4.7
Nalidixic acid	47.3	15.1	7.8	9.7	8.2	10.4	10.0	9.7	7.3	10.6
Ciprofloxacin	0.8	1.6	2.1	1.7	8.2	10.4	4.5	2.5	2.5	5.3
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	5.6	5.1	0.0	5.8	4.5	7.4	5.5	10.1	9.2	7.1



* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

그림 3-2. *Salmonella* spp. 항균제 내성률(%)



* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

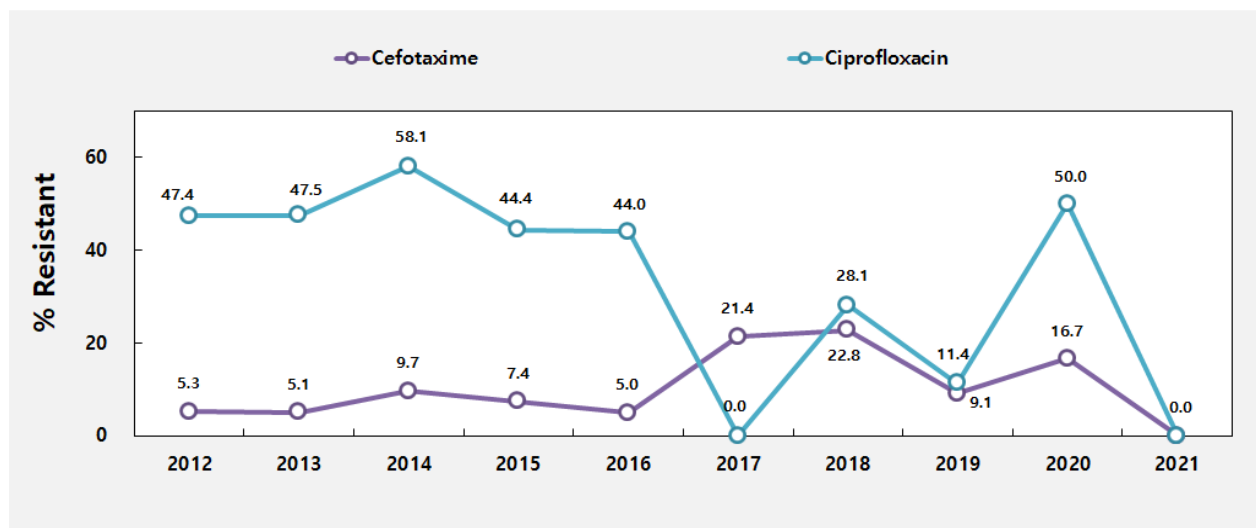
그림 3-3. *Salmonella* spp.의 cefotaxime 내성률(%)

3. 1. 3. 세균성 이질균(*Shigella* spp.)

우리나라에서 분리되는 세균성 이질균은 대부분 *S. sonnei*와 *S. flexneri* 균으로 1998년에서 2005년 사이에 대규모로 유행하였으나 2006년 이후 그 발생이 크게 감소하였다. 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 집단발생으로 발생률이 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 *S. sonnei*의 경우, cefotaxime에 대한 내성률은 10% 이하의 내성률로 감소추세를 보이다가 2017년과 2018년 증가추세로 전환되었으나 2019년에는 다시 큰 폭으로 감소하였다가 2020년에 다시 증가하는 추세를 보이고 있었으나 2021년도에는 *S. sonnei*이 확인되지 않았다. (표 3-3, 그림 3-4)

표 3-3. *S. sonnei* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수	38	59	31	27	20	14	57	44	12	0
Ampicillin	7.9	20.3	9.7	22.2	20.0	21.4	22.8	15.9	33.3	0.0
Gentamicin	2.6	11.9	12.9	0.0	5.0	14.3	8.8	0.0	8.3	0.0
Cefotaxime	5.3	5.1	9.7	7.4	5.0	21.4	22.8	9.1	16.7	0.0
Ciprofloxacin	47.4	47.5	58.1	44.4	40.0	0.0	28.1	11.4	50.0	0.0
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	97.4	100	0.0	0.0	90.0	71.4	94.7	95.5	83.3	0.0
Chloramphenicol	7.9	0.0	3.2	3.7	5.0	0.0	7.0	4.5	8.3	0.0
Tetracycline	68.4	86.4	77.4	70.4	80.0	21.4	35.1	13.6	50.0	0.0



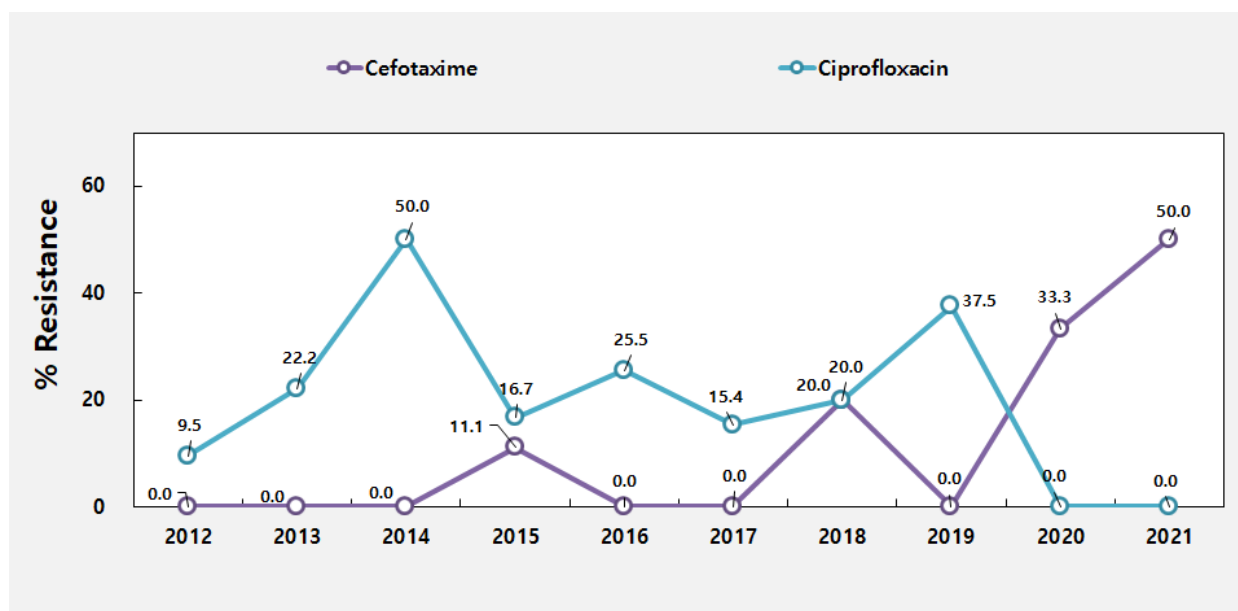
* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

그림 3-4. *S. sonnei* 항균제 내성률(%) 동향

S. flexneri 은 2021 년에 2 주가 확인되었다. cefotaxime 에 대한 내성은 2015 년 11.1%로 큰 폭 상승한 이후 2016 년부터는 계속 감수성이었으나 2020 년도부터 지속 확인되고 있다. Ciprofloxacin 에 대한 내성은 감소와 증가를 반복하다가 2017 년도 이후 증가하였으나 2020 년도부터 확인되지 않았다. (그림 3-5) Tetracycline 내성률은 100%로 2018 년 일시적으로 감소하였다가 다시 높은 수준의 내성률을 유지하고 있다.

표 3-4. *S. flexneri* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수	21	18	10	18	8	13	5	8	3	2
Ampicillin	90.5	94.4	60.0	61.1	75.0	69.2	60.0	62.5	100.0	100.0
Gentamicin	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cefotaxime	0.0	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	50.0
Ciprofloxacin	9.5	22.2	50.0	16.7	25.0	15.4	20.0	37.5	0.0	0.0
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	95.2	100	0.0	0.0	75.0	76.9	100.0	50.0	66.7	50.0
Chloramphenicol	71.4	83.3	70.0	50.0	87.5	38.5	0.0	62.5	33.3	50.0
Tetracycline	85.7	94.4	80.0	100.0	100.0	69.2	20.0	62.5	100.0	100.0



* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

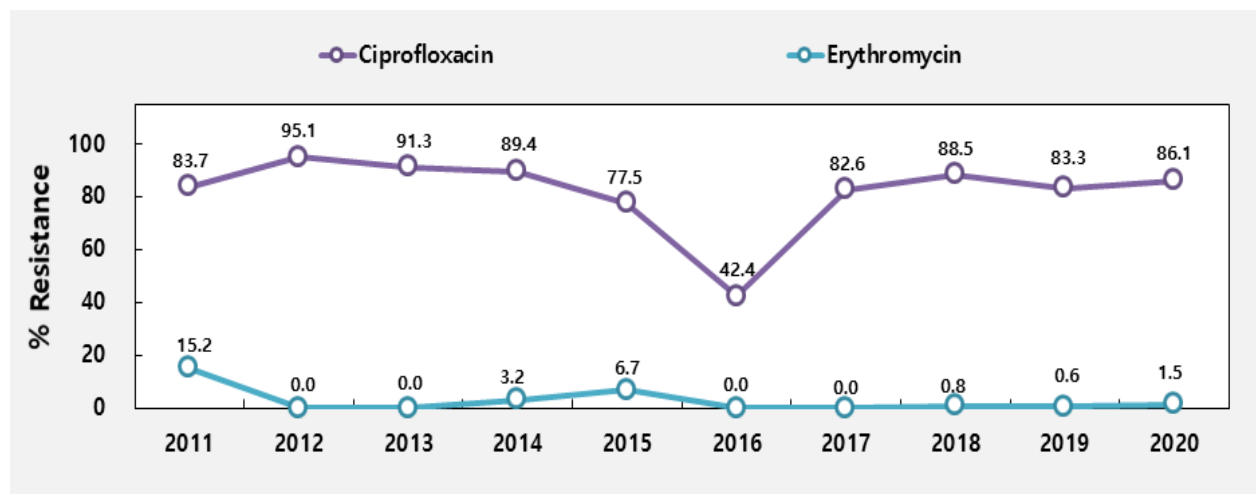
그림 3-5 *S. flexneri* 항균제 내성률(%) 동향

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 2021년에도 81.8%로 유사 수준으로 내성률이 유지되었다. 2021년 분리주는 macrolide계 항균제인 azithromycin과 erythromycin에서 각각 1.1%, 0.6% 내성률로 전년 대비 감소가 확인되었다. (표3-5, 그림 3-6)

표 3-5. *C. jejuni* 항균제 내성률 (%)

항균제	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
분리 건수	123	92	123	120	59	69	122	156	137	176
Gentamicin	2.4	1.1	4.1	4.2	3.4	2.5	1.4	1.3	0.7	0.0
Nalidixic acid	100	93.5	91.9	85.8	91.5	85.5	88.5	84.0	86.9	81.3
Ciprofloxacin	95.1	91.3	89.4	77.5	42.4	82.6	88.5	83.3	86.1	81.8
Telithromycin	0.0	0	4.1	10.0	0.0	0.0	0.8	0.6	1.5	1.1
Azithromycin	0.0	0	3.2	6.7	0.0	0.0	0.8	0.6	1.5	0.6
Erythromycin	2.4	0	0.8	0.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chloramphenicol	5.4	2.4	0	0.8	0.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Tetracycline	66.3	73.2	62	62.6	31.7	42.4	14.5	25.4	21.2	27.7



* 수인성·식품매개감염병 병원체감시사업(Enter-Net)을 통해 수집된 균주

그림 3-6 *C. jejuni* 항균제 내성률(%) 동향

3. 2. 국내 항균제 내성정보 조사결과 : 실험실 전수감시

3. 2. 1. 반코마이신 내성 황색포도알균(VRSA)

질병관리청에서는 반코마이신 내성 균주를 조기 발견하고 내성 확산을 방지하기 위해, 2001년부터 반코마이신 내성 황색포도알균(*Vancomycin-resistant Staphylococcus aureus*, VRSA) 실험실 표본감시를 실시하였고, 2008년에 지정감염병으로 지정고시(2008. 8. 25.) 되었으며, 2010년에는 의료관련감염증 표본감시대상균(2010. 12. 30.)으로 지정되었다. 이후 2017. 06. 03. 표본감시에서 전수감시로 전환되었다. 2021년 시·도 보건환경연구원 및 질병관리청으로 의뢰된 6주 중 3주가 반코마이신 중등도 내성 황색포도알균(*Vancomycin intermediate staphylococcus aureus*, VISA)로 확인되었고, VRSA 는 검출되지 않았다. (표 3-6) 확인진단 의뢰된 균주는 반코마이신 항균제에 대해 액체배지 미량희석법(Broth microdilution method)을 이용하여 최소억제농도 (Minimal Inhibitory Concentration, MIC)를 측정 후 VISA로 최종 확인하였다.

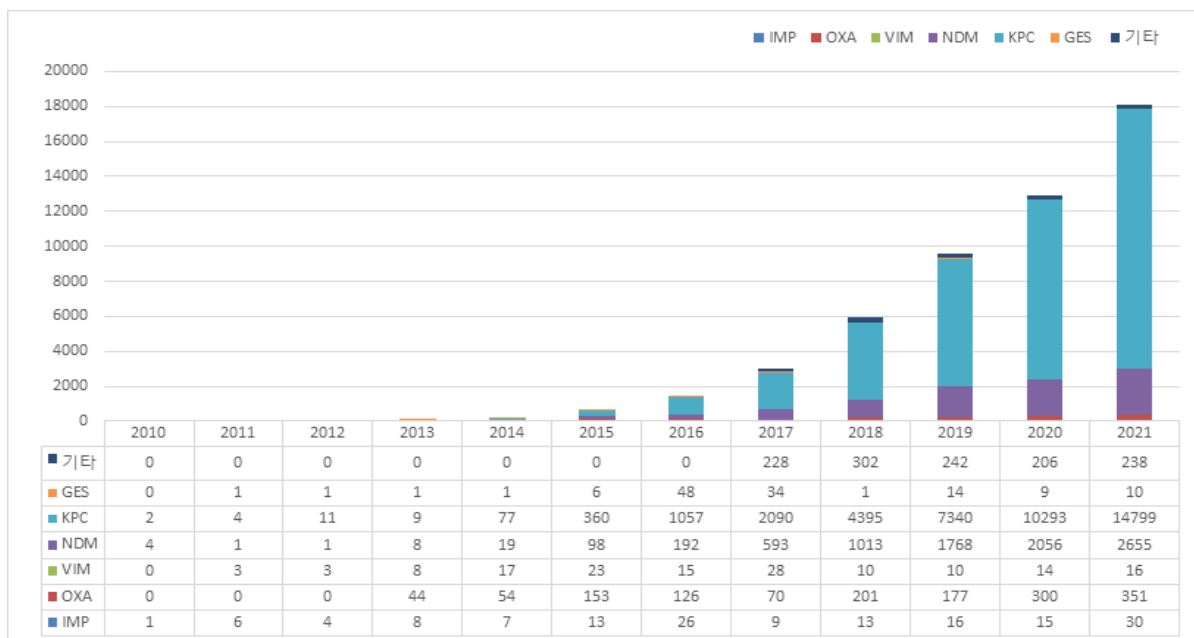
표 3-6. 국내 표본 및 전수감시를 통해 확인된 VISA 균주 수(2005-2021)

Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
No. of VISA	0	0	1	6	15	7	16	20	2	7	35	38	3	7	6	9	3
Surveillance period	8 weeks	〈-----12 weeks-----〉								Year-round (From 1 July)	〈-----Year-round-----〉						

3. 2. 2. 카바페넴 내성 장내세균(CRE)

장내세균목(Enterobacterales)은 장내 상재균으로서 지역사회 또는 의료관련 폐렴, 요로감염, 균혈증, 복막염의 주요 원인이 되고 있다. 주요 치료 항균제는 beta-lactam, aminoglycoside, fluoroquinolone계 항균제로 대부분 잘 치료가 되었지만 1980년대 중반부터 ESBL 등의 beta-lactamase 생산균의 증가 등에 의해 내성률이 꾸준히 증가하고 있다. Carbapenem계열 항균제는 이러한 ESBL 생산균 치료에 매우 효과적이어서 사용이 증가하게 되었고 이에 따라 carbapenem계 항균제 내성균도 증가하고 있다. 10여 년 전부터는 carbapenem을 분해하는 carbapenemase를 생산하는 균종이 출현하였고 전 세계적으로 공중보건의 위협으로 대두되고 있다. 지금까지 보고된 carbapenemase는 *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC), New Delhi metallo-beta-lactamase(NDM), Verona integron-encoded metallo-beta-lactamase (VIM), Imipenemase(IMP), OXA-48 등이 알려져있다.

NDM-1, KPC-2 등의 carbapenemase를 생산하는 장내세균목의 전 세계적인 확산 및 발생 증가와 함께 우리나라에서도 카바페넴 분해효소 생산 장내세균목(CPE)이 지속적으로 확인됨에 따라 감시를 강화할 필요성이 증가하였다.



* All report sources were included, duplicate type included

그림 3-7. 국내 장내세균목으로부터 분리된 카바페넴 분해 효소(carbapenemase) 분포도

(2021년에 보고된 카바페넴 분해 효소 생성 장내세균목(CPE)은 18,099 건이며,
CPE 확인 체계 수립 이후, CPE 보고 건수는 지속 증가 추세)

2021년 전국에서 의뢰된 22,152건 중 20,902건이 CRE로 확인되었으며, 총 의뢰 건 중 18,099건이 CPE를 갖는 CRE로 확인되었다.(그림 3-7) CPE 유전자형은 국내에서는 주로 KPC 타입이 가장 많이 발견되며 일본에서는 IMP형이 가장 많이 발견되는 것으로 알려져 있다. 2021년 국내 CPE유형은 KPC형이 14,799건으로 가장 많았으며 KPC-2가 14,493건으로 전체 CPE중 81.8%나 차지했다. NDM형은 총 2,655건이 확인되어 KPC 다음 순위를 차지했고 이중 NDM-1이 2,104주로 확인되었으며 총 351주가 확인된 OXA형은 세 번째로 많이 확인된 유형으로 대부분 OXA-181로 확인되었다. 이외에도 VIM형이 16주, IMP 유형이 30주, GES 유형이 10주로 추가 확인되었다. 또, 2021년에는 OXA-181/NDM-5를 보유한 61주 포함하여 두 가지 이상 유전자형을 보유한 균주가 238주로 확인되었다. CRE로 확인된 균종은 *K. pneumoniae*, *E. coli*, *E. cloacae* 순으로 분리되었으며 *K. pneumoniae* 가 10,643주(50.9%)로 가장 많은 비율을 차지하였다. CRE에서 imipenem, ertapenem, meropenem, doripenem의 MIC 범위는 $\leq 0.5 \sim > 32 \mu\text{g/ml}$ 로 MIC50값은 각각 $8 \mu\text{g/ml}$, $8 \mu\text{g/ml}$, $4 \mu\text{g/ml}$, $4 \mu\text{g/ml}$ 이었다.

자료제공

NATIONAL ANTIMICROBIAL RESISTANCE
SURVEILLANCE IN KOREA 2021 ANNUAL REPORT

2021 국가 항균제 내성균 조사 연보

의료기관 구분

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

Kor-GLASS

종합병원

- 조사 대상 전국 9개 권역* 종합병원에서 분리된 13종 병원체
* 9개 권역 : 서울, 경기 북부, 경기 남부, 강원, 충북, 전남, 경북, 경남, 제주
- 조사 기간 2021. 1. 1. - 2021. 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 한천희석법 등을 추가 또는 별도로 수행하여 내성률을 산출하였고, 각 균종별 내성유전자 및 역학적 특성 검사는 PCR과 sequencing을 통해 확인하고 있다.

요양병원

- 조사 대상 전국 9개 권역 요양병원에서 분리된 12종 병원체
- 조사 기간 2021. 1. 1. - 2021. 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 한천희석법 등을 추가 또는 별도로 수행하여 내성률을 산출하였고, 각 균종별 내성유전자 및 역학적 특성 검사는 PCR과 sequencing을 통해 확인하고 있다.

KARMS

중소병원/요양병원/의원

- 조사 대상 전국 중소병원, 요양병원 및 의원내 내원한 환자의 임상검체에서 분리된 9종 주요 내성균
- 조사 기간 2007-2021년
- 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/S값) 및 MIC값을 수집하였다. 3개월 내 중복을 제거하였고, 내성률은 감수성결과(R/I/S값)를 분석하여 산출하는 한편, 일부 군중에서는 자동화 장비에서 나온 감수성 결과(R/I/S값)와 MIC값에 근거한 내성률과 차이를 보이는 특징적인 항균제에 대해 MIC값에 각 해당 년도의 Clinical and Laboratory Standards Institute(CLSI) 지침을 적용한 감수성 결과를 제공하기 위해 WHO에서 제공하고 있는 WHONET을 활용하여 MIC값을 분석하고 산출하였다.

장내세균

- 조사 대상 수인성·식품매개 감염병 병원체감시사업(Enter-Net) 및 질병관리청 세균분석과를 통해 수집된 균주
- 조사 기간 1999-2021년
- 조사 방법 질병관리청 세균분석과와 각 시·도보건환경연구원에서 디스크 확산법, 자동화장비(VITEK II (bioMerieux, France), 액체 배지 희석법 시험용 장비(Sensititre Trek Diagnostics, USA))를 이용한 항균제 감수성 검사를 시행하고 CLSI guideline에 따라 내성률을 산출하였다.

반코마이신내성 황색포도알균(VRSA/VISA)

- 조사 대상 의료관련감염병 표본감시 대상기관과 참여 희망 의료기관(2017년 이전) 및 전수조사로 전환되어 전국 시·도보건환경연구원에서 수집한 균주
- 조사 기간 2000-2021년
- 조사 방법 표본감시 참여병원에서 선별된 균주를 감시기간 동안 자동화장비 또는 선별배지(반코마이신 4 µg/mL이 포함된 Brain Heart Infusion 한천배지)에 접종 후, 배양하여 양성으로 확인된 균주를 대상으로 분석하였다.

카바페넴내성 장내세균목(CRE)

- 조사 대상 표본감시기관으로 지정된 100개 의료기관을 포함한 전국의 중·소형병원(2017년 이전) 및 전수조사로 전환되어 전국 시·도보건환경연구원에서 수집한 균주
- 조사 기간 2010-2021년
- 조사 방법 의료기관에서 의뢰한 CRE 확인진단에서 carbapenem 계열 항균제 감수성 검사를 실시하였다. CPE 확인을 위해서는 IMP, NDM, KPC, VIM, OXA-48, GES 유전자를 PCR 증폭 후 염기서열분석을 통해 유전자형을 확인하였다.

2021 국가 항균제 내성균 조사 연보

(National Antimicrobial Resistance Surveillance in Korea, 2021)

인쇄 2022년 12월

발행 2022년 12월

발행처 질병관리청

편집처 질병관리청 항생제내성관리과

관련부서 (Kor-GLASS) 질병관리청 항생제내성관리과

질병관리청 국립보건연구원 국립감염병연구소 약제내성연구과

(KARMS) 질병관리청 항생제내성관리과, 세균분석과

(주요 법정감염병 원인균) 질병관리청 세균분석과

주소 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명2로 200, 질병관리청 국립중앙인체자원은행
311호 항생제내성관리과