

3차병원 중환자실 내 전향적 감사와 피드백을 통한 항생제 사용 중재 효과

윤진구^{1,2}, 최하늘¹, 김성란², 조민희², 최유정^{1,2}, 남엘리엘^{1,2}, 성혜^{1,2}, 노지운^{1,2}, 정희진^{1,2}, 김우주^{1,2}, 송준영^{1,2}

¹고려대학교 의과대학 고려대학교 구로병원 감염내과, ²고려대학교 구로병원 감염관리실

Effectiveness of Antibiotic Usage Intervention through the Implementation of Prospective Audit and Feedback in the Intensive Care Units of a Single Tertiary Care Hospital

Jin Gu Yoon^{1,2}, Haneul Choi¹, Sung Ran Kim², Min Hee Cho², Yu Jung Choi^{1,2}, Eliel Nham^{1,2}, Hye Seong^{1,2}, Ji Yun Noh^{1,2}, Hee Jin Cheong^{1,2}, Woo Joo Kim^{1,2}, Joon Young Song^{1,2}

¹Division of Infectious Diseases, Department of Internal Medicine, Korea University Guro Hospital, Korea University College of Medicine; ²Infection Control Team, Korea University Guro Hospital, Seoul, Korea

Correspondence to:

Joon Young Song
Division of Infectious Diseases,
Department of Internal Medicine, Korea
University Guro Hospital, Korea University
College of Medicine, 148 Gurodong-ro,
Guro-gu, Seoul 08308, Korea
Tel: +82-2-2626-3052
Fax: +82-2-2626-1105
E-mail: infection@korea.ac.kr

Received: October 13, 2023

Revised: October 29, 2023

Accepted after revision: October 30, 2023

Published online: November 24, 2023

Background: The implementation of antibiotic stewardship program (ASP) has been encouraged in developed countries in response to increasing antibiotic resistance. However, the implementation of ASP has been limited owing to a lack of manpower and awareness. We aimed to analyze the effectiveness of prospective audit and feedback (PAF), one of the core strategies in ASP, by applying it to the intensive care units (ICUs).

Methods: In this study, we applied PAF to the neurological/surgical ICUs of a tertiary hospital starting from March 1, 2023, we compared the data of 6 months before (from September 2022 to February 2023) and after (from March 2023 to August 2023) the implementation to assess the difference in antimicrobial use density (AUD) and the acquisition rates of antibiotic-resistant bacteria. Furthermore, we surveyed the satisfaction of PAF using a questionnaire. PAF was conducted twice a week during rounds by the ASP team, which consisted of an infectious disease specialist and one assistant.

Results: Before and after the implementation of PAF, AUD showed a tendency to decrease in the classes of beta-lactam/beta-lactamase inhibitors, cephalosporins and glycopeptides, although the changes were not statistically significant. The acquisition rate of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* decreased slightly in the surgical ICU. Most participating interns and residents reported that PAF was clinically and educationally helpful in the survey.

Conclusion: Implementing PAF twice a week in the neurological/surgical ICUs could reduce antibiotic usage and the acquisition rates of some resistant bacteria.

Keywords: Antimicrobial stewardship; Drug resistance, microbial; Intensive care units

© 2023 by Health Insurance Review & Assessment Service

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

항생제 내성의 확산은 세계적으로 큰 문제를 야기하고 있다. 세계보건기구(World Health Organization)에서는 항생제 내성을 인류의 10대 공중보건 위협 중의 하나로 선포하고 다양한 분야에서의 신속한 대응을 주문한 바 있다. 전 세계적으로 연간 약 127만 명이 항생제 내성으로 인해 사망하며 495만 명의 사망과 관련이 있는 것으로 추정되었다[1]. 국내의 항생제 내성 감시체계인 Kor-GLASS (Korean global antimicrobial resistance surveillance system)에서도 광범위 베타락탐 분해효소(extended-spectrum beta-lactamase) 보유 장내세균과 카바페넴 내성 장내세균의 지속적인 증가 추세가 관찰되고 있다[2]. 항생제 내성균 감염을 치료할 수 있는 새로운 항생제의 개발이 필수적이지만 내성의 발현 및 전파 속도를 항생제 개발이 따라잡지 못하고 있는 상황이다. 따라서, 적절한 항생제를 사용하도록 지원하는 프로그램인 항생제 스튜어드십(antimicrobial stewardship)의 중요성이 부각되었다.

항생제 내성 발현의 주요 원인은 항생제의 오남용이므로 새로운 항생제의 개발보다는 비약물적 중재 전략인 항생제 스튜어드십이 항생제 내성 억제에 더 효과적일 수 있다. 2007년 미국 감염학회(Infectious Diseases Society of America)에서는 항생제 스튜어드십의 핵심 전략들을 제시하였으며 그 중 적극적인 근거 기반 전략으로 항생제 제한과 사전 승인(restriction and preauthorization) 및 전향적 감사와 피드백(prospective audit with feedback)을 강조하였다[3]. 2014년부터 미국 질병관리본부에서는 병원 항생제 스튜어드십의 핵심 요소(core elements)를 제시하고 각 병원에서 적극적인 적용을 독려하고 있으며, 여기에는 리더십의 의지, 책임자 임명, 담당 약사 임명, 중재의 실행, 추적 조사, 보고, 교육의 7가지 항목이 포함된다[4,5]. 여러

연구와 체계적 문헌 분석에서 항생제 스튜어드십 적용을 통한 환자의 치료 결과 개선, 의료비용의 감소, 항생제 내성 감소의 효과를 확인할 수 있다[6-8].

국내에서도 학회 차원에서 국내 실정에 맞는 항생제 스튜어드십 가이드라인을 제시하여 각 병원의 참여를 독려하고 있다[9]. 항생제 스튜어드십 프로그램에는 전문가의 노력뿐만 아니라 국가와 병원의 지원이 필요로 하는데, 국내에서는 인력 부족 및 인식의 부재로 감염내과 전문의 등 소수의 전문가들의 노력을 통해 부분적으로만 실행되고 있는 실정이다. 대학병원에서도 많은 경우에 수동적인 제한 항생제 관리 수준에서 그치고 있으며 중소병원에는 항생제 관리 시스템 자체가 없는 경우가 흔하다. 본 연구에서는 국내 단일 기관 내에서 중환자실 내 적극적인 항생제 스튜어드십 전략 중 하나인 전향적 감사와 피드백을 적용한 뒤 항생제 사용량 및 내성균 발생의 변화를 관찰하여 항생제 스튜어드십을 실제 국내 기관에 적용할 경우의 효용성을 알아보고자 하였다.

방법

1. 연구 설계

본 연구는 단일 대학병원 내에서 항생제 스튜어드십의 적극적인 근거 기반 전략 중 하나인 전향적 감사와 피드백을 적용하기 전과 후를 비교하는 방식으로 시행되었다. 즉, 전향적 감사와 피드백을 2023년 3월 1일부터 적용하여 8월 31일까지 6개월간 시행하였으며 이 기간 동안의 결과를 2022년 9월 1일부터 2023년 2월 28일까지의 결과와 비교하였다. 해당 연구 기간 이전에는 코로나19 유행으로 인해 중환자실이 부분적으로만 운영되어 비교가 어려웠다. 비교 기간 사이의 계절적인 차이가 있어 환자 특성에 따른 영향이 있을 수 있지만 연속적인 기간의 비교를 통하여 즉각

적인 결과의 차이를 빠르게 확인할 수 있는 장점이 있다. 본원의 규모는 1,091병상의 상급 종합병원으로 내과계, 외과계, 응급계, 신경계 및 심혈관계 중환자실을 포함하여 90병상의 성인 환자 중환자실을 보유하고 있다. 이 중 신경계 중환자실(18병상)과 외과계 중환자실(16병상)에 입원한 환자들을 대상으로 하였으며 신경과, 신경외과, 외과, 외상외과, 정형외과, 성형외과, 흉부외과, 이비인후과, 비뇨의학과와 산부인과 환자들을 대상으로 시행하였다. 본원에서는 광범위 항생제 등 일부 항생제와 수술 시 예방적 항생제에 대해 이미 처방 시스템상의 항생제 제한과 사전 승인 제도를 시행하고 있었으며, 주 1회 담당 약사와 감염내과 전문의의 전 중환자실 약제 회진을 통해 항생제의 적절성 및 용량을 점검하고 있었다.

2. 전향적 감사와 피드백 프로그램 진행 방법

전향적 감사와 피드백은 2023년 3월 1일부터 감염내과 전문의와 항생제 스튜어드십 담당 간호사 또는 협진 담당 전공의가 함께 주 2회 정해진 시간에 해당 중환자실을 방문하여 재실 중인 모든 환자의 항생제 처방 현황을 점검하고, 처방자인 전공의와 인턴, 또는 임상강사, 담당 교수에게 대면 또는 유선으로 피드백을 하는 방식으로 진행하였다. 항생제 스튜어드십 담당 간호사 또는 협진 전공의는 방문회진 이전에 대상 환자들을 미리 확인하였으며, 회진 이후 결과를 요약하여 처방 의료진에게 전달하였다. 사전 환자 확인 및 회진, 답신 작성을 포함하여 전체 프로그램은 한 회당 약 5시간이 소요되었다. 항생제 스튜어드십 회진 시에는 수술 시 예방적 항생제를 포함한 항생제 선택, 용량 및 기간의 적절성 평가, 원인이 되는 감염질환 확인 및 필요한 검사 권고, 적극적인 감염병소 제거 및 치료 권고, 중심정맥 카테터 관리, 환경오염 관리 등 감염관리 중재를 시행하였고, 중증 감염질환의 경우 감염내과 전과 치료를 시행하였다.

3. 자료 수집 및 분석

1) 항생제 사용량 분석

전산 시스템을 이용해 연구 대상인 신경계·외과계 중환자실의 입원 환지들에 대한 월별 항생제 전체 사용량을 추출하여 분석하였다. 항생제 사용량의 지표는 antimicrobial use density (AUD) 이외에도 days of therapy (DOT) 및 standardized antimicrobial administration ratio (SAAR) 등이 있으나 DOT는 중환자실에서 흔한 격일 투약 및 병용 투약이 고려되지 않는 점, SAAR은 중환자의 특성상 예측 항생제 사용량보다 실제 사용량이 과대평가될 가능성이 높아, 항생제 사용량을 비교적 정확하게 제시하는 AUD를 지표로 사용하였다. AUD는 (1개월 동안 소비된 항생제의 양×1,000명)÷(DDD×환자일수)로 계산되었다. DDD는 daily defined dose로 하루 동안 1인에게 권고되는 항생제의 정량으로 설정하였다. 환자일수는 월별 중환자실 입실 환자 재원일수(표 1)를 이용하였다. 전향적 감사와 피드백 적용 전후 6개월간의 월 평균 AUD를 항생제 계열별(페니실린, 베타락탐-베타락탐분해효소억제제, 세팔로

표 1. 전향적 감사 및 피드백(PAF) 적용 전후의 월별 중환자실 입원환자 재원일수

일시	입원환자 재원일수 (명×일)		합계
	신경계 중환자실	외과계 중환자실	
2022년 9월	485	284	769
2022년 10월	502	358	860
2022년 11월	491	404	895
2022년 12월	507	386	893
2023년 1월	476	319	795
2023년 2월	446	275	721
6개월 합계 (PAF 적용 전)	2,907	2,026	4,933
2023년 3월	439	291	730
2023년 4월	443	281	724
2023년 5월	424	248	672
2023년 6월	444	342	786
2023년 7월	472	345	817
2023년 8월	465	351	816
6개월 합계 (PAF 적용 후)	2,687	1,858	4,545

PAF, prospective audit and feedback.

스포린, 카바페넴, 글리코펩타이드, 퀴놀론, 아미노글리코사이드, 매크로라이드, 이미다졸, 기타 항생제), 제한 항생제 여부(piperacillin/tazobactam, ceftazidime/avibactam, ceftolozane/tazobactam, cefepime, doripenem, ertapenem, meropenem, imipenem/cilastatin, vancomycin, teicoplanin, moxifloxacin, colistimethate sodium, linezolid, tigecycline, caspofungin, micafungin and anidulafungin), 항녹농균 베타락탐 계열 항생제 여부에 따라서 구분해 비교하였다. 항바이러스제는 분석에서 제외하였다.

2) 내성균 발생 분석

연구 대상인 신경계·외과계 중환자실에서 연구 기간 동안 발생한 카바페넴 분해효소 생성 장내세균(carbapenemase producing Enterobacterales, CPE)과 카바페넴 내성 아시네토박터 바우마니(carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii*, CRAB)의 발생 현황을 분석하였다. 획득발생률은 입실 48시간 이후 중환자실 내 전체 감시배양 검사 건수 중에서 양성으로 확인된 분율(%)로 계산하였다.

3) 프로그램 만족도 설문

신경계·외과계 중환자실에 근무하는 주치의인 인턴과 레지던트를 대상으로 프로그램의 만족도 설문을 진행하였다. 설문은 서면 및 구글 설문시트를 이용하여 진행하였으며 연구 기간이 종료된 이후 시행하였다. 설문 항목으로는 전향적 감사와 피드백 프로그램의 시행 횟수 및 시간의 적절성, 처방자 스스로에게 도움이 되었는지 여부, 임상적 피드백을 받았는지 여부, 전반적인 만족도와 개선점을 체크하도록 하였다.

4) 분석 방법

AUD의 평균값은 정규분포, 등분산 여부에 따라 윌

콕슨 순위합 검정(Wilcoxon rank sum test), 웰치 검정(Welch's *t*-test) 및 스튜던트 *t*-검정(Student's *t*-test)으로 비교하였으며, $p < 0.05$ 일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다. 내성균 발생 분석에서는 검출 건수가 적어 빈도분석을 통해 검출 건수 및 획득발생률을 표현하였으며 프로그램 만족도 설문에 대해서는 점수의 산술평균을 제시하였다. 통계분석은 R software version 4.2.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)를 통해 진행하였다.

결 과

1. 항생제 사용량

신경계·외과계 중환자실의 연구 기간 동안 월별 중환자실 입원환자 재원일수는 표 1과 같다. 전향적 감사와 피드백 적용 전 기간 동안 4,933명×일, 적용 후 기간 동안 4,545명×일의 환자일수가 연구에 포함되었다. 또한, 전향적 감사와 피드백 적용 전후 6개월간의 월평균 AUD를 표 2와 그림 1에서 비교하였다. 카바페넴(전향적 감사와 피드백 적용 전 월평균 AUD [377.21] 대 적용 후 월평균 AUD [390.64], $p=0.887$)과 퀴놀론(121.41 대 135.52, $p=0.571$)의 사용량은 다소 증가하였으나 베타락탐-베타락탐분해효소억제제 계열(998.30 대 916.53, $p=0.514$)과 세팔로스포린 계열(705.12 대 636.65, $p=0.484$), 글리코펩타이드 계열(172.52 대 144.18, $p=0.519$), 매크로라이드 계열(32.23 대 4.30, $p=0.599$), 이미다졸 계열(157.82 대 118.12, $p=0.187$)의 항생제 사용량은 감소하는 경향을 보였다. 전체적인 사용량(2,830.03 대 2,736.41, $p=0.577$) 또한 감소하였으며 제한 항생제(1,205.66 대 1,116.80, $p=0.602$), 항녹농균 베타락탐 계열 항생제(862.13 대 806.06, $p=0.637$)의 사용량도 전향적 감사와 피드백 적용 후 감소하였음을 확인할 수 있었으나 통계적 유의성은 보이지 않았다.

표 2. 전향적 감사 및 피드백(PAF) 적용 전후의 항생제 사용 밀도(AUD) 비교

	AUD (월평균±표준편차)		p-value
	PAF 적용 전 6개월 (2022년 9월-2023년 2월)	PAF 적용 후 6개월 (2023년 3월-2023년 8월)	
항생제 계열별 비교			
페니실린	25.49±35.26	187.14±9.17	0.051
베타락탐-베타락탐분해효소억제제	998.30±179.02	916.53±235.78	0.514
세팔로스포린	705.12±96.68	636.65±209.18	0.484
카바페넴	377.21±190.62	390.64±121.55	0.887
글리코펩타이드	172.52±74.61	144.18±72.17	0.519
퀴놀론	121.41±46.99	135.52±35.67	0.571
아미노글리코사이드	26.26±17.72	29.14±23.41	0.815
마크로라이드	32.23±41.63	4.30±NA	0.599
이미다졸	157.82±35.61	118.12±58.77	0.187
기타 항생제	162.64±59.33	162.60±115.34	0.999
제한 항생제별 비교			
제한 항생제	1,205.66±374.62	1,116.80±127.83	0.602
비제한 항생제	1,624.37±331.89	1,619.61±176.31	0.976
항생제 작용 범위별 비교			
항녹농균 베타락탐계열	862.13±263.45	806.06±84.98	0.637
항녹농균 베타락탐계열 제외	1,967.91±292.07	1,930.35±213.30	0.804
총합	2,830.03±272.65	2,736.41±289.22	0.577

PAF, prospective audit and feedback; AUD, antimicrobial use density; NA, not available.

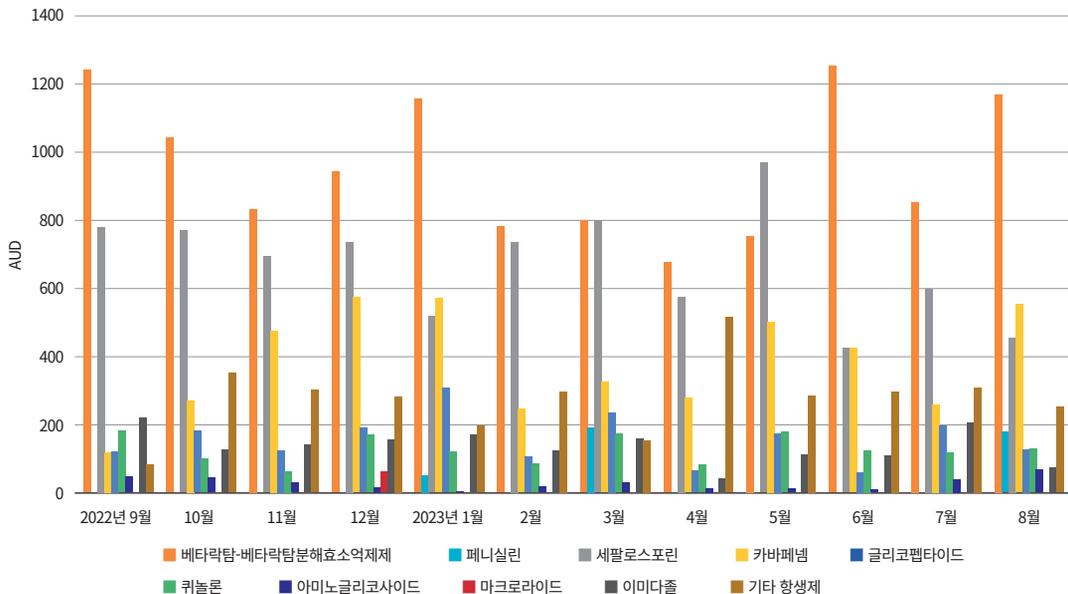


그림 1. 월별 신경계 및 외과계 중환자실의 항생제 계열별 AUD (antimicrobial use density).

2. 항생제 내성균 발생

CPE의 발생 추이는 그림 2에서 확인할 수 있으며 전향적 감사와 피드백 적용 전 기간에는 총 11건, 적용 후 기간에는 총 9건이 검출되어 검출 건수가 감소하였다. 2023년 2월에서 4월 사이에는 CPE가 발견되지 않았으나 신경계 중환자실에서 2022년 12월, 2023년 7월에 각각 획득발생률 11.1%, 10.3%로 높은 경향을 보였다. 외과계 중환자실에서는 2022년 10월에 획득발생률이 10.0%로 높았으나 이 외에는 월 1건 이상으로는 검출되지 않았다. CRAB의 발생 추이는 그림 3에서 확인할 수 있으며 전향적 감사와 피드백 적용 전 기간에는 총 35건, 적용 후 기간에는 총 22건이 검출되어 검출 건수가 감소하였다. 신경계 중환자실에서는 연구 기간 동안에 0%–5.7%의 획득발생률을 보였으며, 외과계 중환자실에서는 전향적 감사와 피드백 적용 전 기간에 획득발생률이 7% 수준이었으나 적용 이후에 감소하는 추세를 보였다.

3. 프로그램 만족도 설문

항생제 스튜어드십에 대한 설문은 총 8명의 전공 의와 인턴 주치의에게 시행하였으며 표 3에서 세부적인 질문과 답변을 확인할 수 있다. 프로그램의 시행 횟수는 6명이 적절하다고 평가하였지만 2명은 주 3회 이상으로 늘려 달라는 의견이 있었으며, 프로그램 이후 적절한 항생제 처방에 도움이 되었음을 확인하였다(평균 점수 5점 만점 중 4.75점). 또한, 원인 감염 질환에 대한 적절한 피드백(평균 점수 5점 만점 중 4.00점), 환자 진료에 도움(평균 점수 5점 만점 중 4.75점), 만족도(평균 점수 5점 만점 중 4.38점)에서 높은 평가를 받았다. 외과계열 전공의의 경우에는 수술이나 응급상황 등의 다른 일정 때문에 항생제 스튜어드십 회진 시간에 참석하기가 어려워 임상적 피드백을 제공받지 못했다는 답변이 있었다.

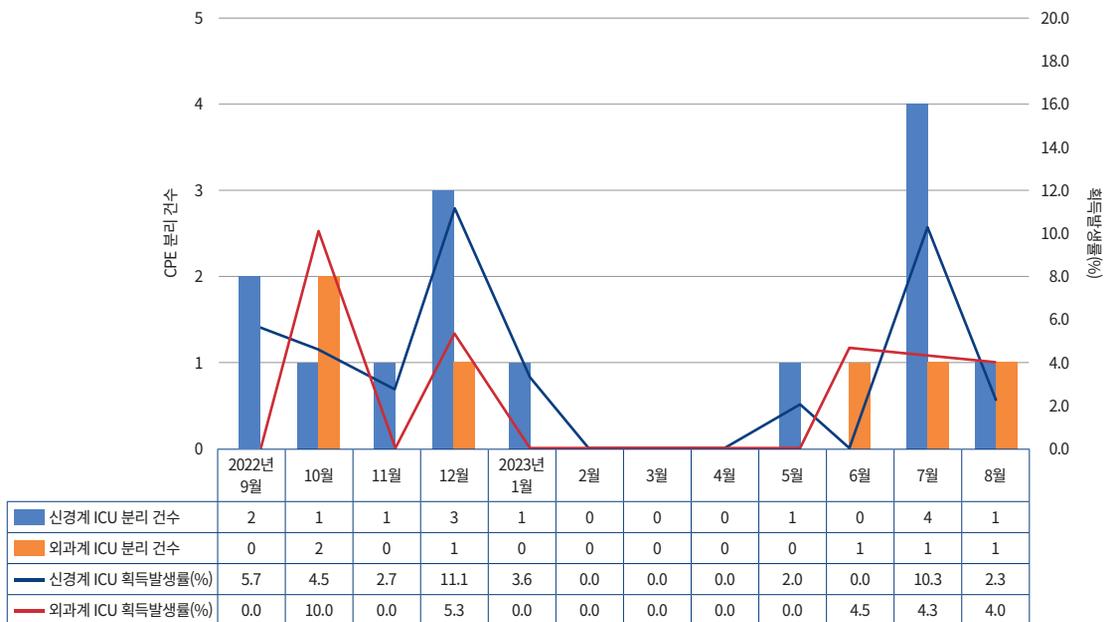


그림 2. 월별 신경계 및 외과계 중환자실의 카바페넴 분해효소 생성 장내세균(carbapenemase producing Enterobacteriales, CPE) 분리 건수 및 획득발생률. ICU, intensive care unit.

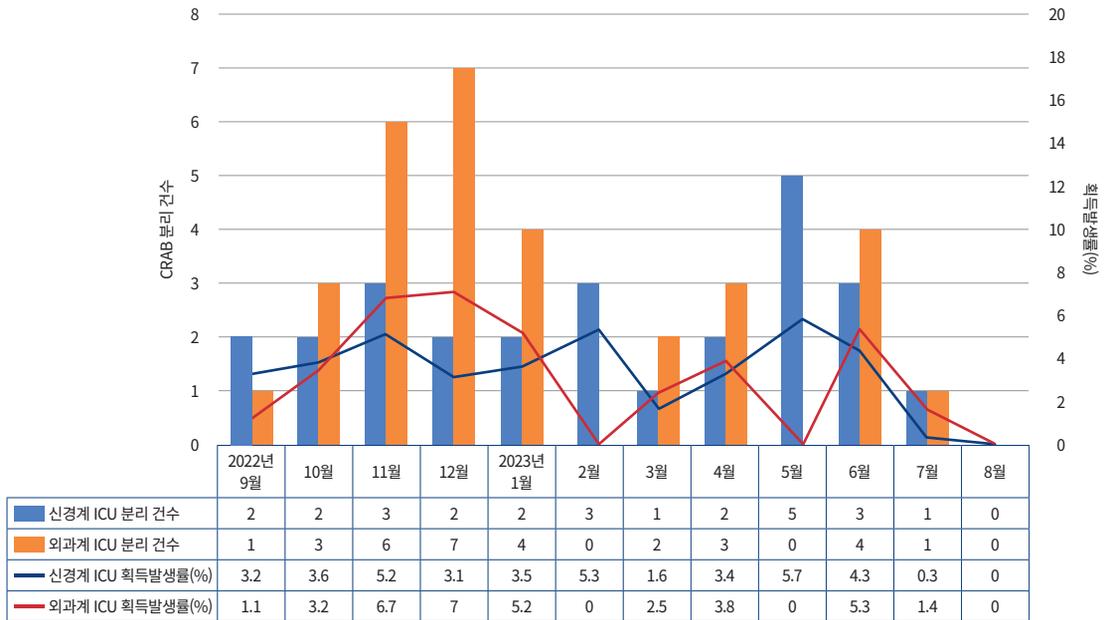


그림 3. 월별 신경계 및 외과계 중환자실의 카바페뎀 내성 아시네토박터 바우마니(carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii*, CRAB) 분리 건수 및 획득발생률. ICU, intensive care unit.

표 3. 항생제 스튜어디십 프로그램에 대한 설문조사

항목	평균 점수 (5점 만점)
1. 프로그램 시행 횟수와 시간이 적절한가?	예 (n=6) 아니오 (n=2): 주 3회 이상을 원함
2. 프로그램 시행 이후 처방자 스스로가 적절한 항생제를 처방하는 데 도움이 되었는가?	4.75
3. 프로그램을 통해서 항생제 처방 외에도 원인질환에 대한 진단 및 치료를 위한 임상적 피드백을 제공받았는가?	4.00
4. 프로그램이 환자 진료에 도움이 되었는가?	4.75
5. 프로그램에 만족하는가?	4.38

고 찰

본 연구에서는 총 34명상(신경계 18명상/외과계 16명상) 중환자실을 대상으로 전향적 감사와 피드백을 시행하였을 때, 항녹농균 베타락탐 계열을 포함한 전반적인 항생제 사용량의 감소 경향과 CRAB 유형의 일부 감소를 확인하였다. 또한, 인턴과 레지던트 주치의에게 교육과 임상적인 측면에서 도움을 줄 수 있다

는 사실을 확인하였다. 기존에 이미 제한 항생제 정책을 시행하고 있고 일부 중환자실에서 6개월의 비교적 짧은 기간 동안 시행하였음에도 항생제 사용량 감소 경향을 확인하였으므로 적용 범위를 넓히고 장기간 프로그램을 유지한다면 유의한 항생제 사용량 감소 및 내성균 감소, 의료 비용 감소 및 전공의 교육 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

무분별한 항생제 사용으로 인한 항생제 내성의 출

현과 확산은 인류에게 커다란 위협 중의 하나이다. 일차 의료기관은 물론이고 종합병원이나 대학병원에서도 항생제가 부적절하게 처방되는 사례는 매우 많다. 국내의 다기관 연구에서는 전체 입원 환자의 50.8%가 항생제를 사용하고 있었으며 3차병원이 10군데 포함되어 있음에도 27.7%의 항생제 사용이 부적절한 것으로 평가되었다[10]. 400병상 미만의 병원들에서도 30.6%의 항생제 사용이 부적절하였다[11]. 이러한 현상은 항생제 스텐어드십이 제대로 이루어지지 않은 코로나19 대유행 기간에 특히 부각되었으며 코로나19 감염증의 8.6%만이 세균 복합 감염이었음에도 무려 74.6%에서 항생제가 투여되었음을 보고한 연구도 있다[12]. 이는 적절한 항생제 사용을 위한 중재활동이 무엇보다 중요함을 강조한다.

항생제 스텐어드십 가이드라인에서 제시하고 있는 핵심전략 중 본 연구에서 행해진 전향적 감사 및 피드백은 항생제 시작 이후 약 72시간 이상 경과한 뒤 얻어진 미생물 검사 결과와 임상정보를 바탕으로 행해지므로 환자에 미치는 부정적 영향이 적고 처방자와 중재자 사이의 신뢰도 형성이 용이하다는 장점이 있다[9,13]. 또한 병원의 특성과 자원, 인력 등에 따라 유연하게 프로그램을 구성할 수 있다는 장점도 있다. 즉, 카바페넴 계열 등 일부 항생제로 중재 대상을 한정하는 방법, 주 1-2회 정도의 간헐적인 중재, 광범위 항생제를 다빈도 처방하는 병동 또는 부서(중환자실, 이식병동, 항암병동 등)에 제한적으로 적용하는 방법 등을 통해서 투입되는 자원을 줄일 수 있으며 그렇게 하더라도 유의한 효과를 볼 수 있다는 보고가 있다[14]. 본 연구에서도 주 2회, 일부 중환자실을 대상으로 하였음에도 항생제 사용량 감소를 확인할 수 있었으므로 각 병원의 상황에 따라 전향적 감사 및 피드백 프로그램을 적절히 적용한다면 유의한 효과를 기대할 수 있으리라 생각된다.

그럼에도 불구하고, 적절한 항생제 사용을 위한 중

재활동에는 업무를 수행할 수 있는 일정 수준의 전문인력 자원이 필수적이다. 국내 8개 병원이 참여한 연구에서는 적절한 항생제 사용을 위한 중재활동을 수행하기 위해 100명당 1.2명의 전일제 전문인력이 필요한 것으로 추정하였다[15]. 본 연구에서는 중환자실의 34병상에 대해 2명의 인력이 주 10시간을 할애해서 100명당 1.1명의 전일제 전문인력을 투여한 수준이나, 이는 전향적 감사와 피드백에만 투입한 인력이므로 제한 항생제 관리, 지표 평가(항생제 사용량, 항생제 내성률, 의료관련감염 발생률 등) 등을 포함하면 더 높은 수준의 인적 자원이 요구된다.

이러한 이유로 인해서 항생제 스텐어드십에 많은 비용이 소모된다고 생각할 수 있으나 대부분의 항생제 스텐어드십에 대한 비용-효과 분석 연구에서는 항생제 사용량 감소와 환자의 입원 기간 감소로 인한 비용 절감 효과를 보고하였다[8,16,17]. 항생제 스텐어드십으로 얻어지는 내성균 감염 및 전파 감소, 예상되는 항생제 부작용의 감소, 의료진 교육 효과 등을 고려하면 이득이 더욱 클 것으로 생각되는데, 이러한 요소들을 종합적으로 판단한 비용-효과 분석 연구는 매우 적어서 추가적인 연구가 필요하다.

안타깝게도 국내의 항생제 스텐어드십에 대한 인식은 매우 낮으며, 특히 중소병원에서는 항생제 처방을 중재할 수 있는 장치가 거의 마련되어 있지 않다[18]. 2018년 이후로 급성기병원 인증기준에 항생제 사용 관리 체계를 의무화하였지만 전문인력의 노력이 많이 드는 데 비해 적절한 보상체계가 마련되어 있지 않아 실질적으로 운영이 잘 되는지에 의문이 제기된다. 항생제 스텐어드십의 비용 절감 효과는 직접적으로 드러나지 않고 병원의 수익과는 관련이 없기 때문에 단순히 프로그램 운영을 격려하는 것만으로는 병원 차원의 지원을 기대하기 어렵다. 프로그램의 수행을 강제하는 것만이 아니라 수가 보전 등의 적극적인 유인책이 마련

되어야 전문인력의 고용 및 효과적인 항생제 사용 중재가 가능할 것으로 생각된다.

다음과 같은 연구의 한계점에 대한 고려가 필요하다. 첫째, 단일 기관에서 짧은 기간 동안 시행된 점, 전후 6개월간을 비교하였기 때문에 환자의 특성, 항생제 처방 패턴 등이 계절에 따라 달라질 수 있다는 점 등을 들 수 있다. 다만 본 연구에서는 계절적인 영향이 적은 신경계와 외과계 중환자를 대상으로 전향적 감사와 피드백 시행 전후의 항생제 사용량과 내성패턴 변화를 비교하였다. 둘째, 연구 기간 동안 포함된 중환자실 환자들의 기저질환, 진단명, 수술명, 입실 전 항생제 사용력 등의 정확한 특성을 전산 자료의 한계로 확인하지 못했다는 점이 있다. 중환자실의 특성상 다양하고 이질적인 환자들이 많이 입원하게 되므로 각 병원 및 중환자실의 특성에 따라 결과 또한 달라질 가능성이 있을 것이다. 셋째, 전향적 감사 및 피드백에 적극적으로 참여한 의료진과 참여도가 낮았던 의료진의 결과 비교가 이루어지지 않았다는 점이 있다. 연구 대상 중환자실의 전체 의료진을 대상으로 시행했기 때문에 참여 의료진과 미참여 의료진의 비교는 불가능하였지만 참여도에 따른 비교 평가는 향후 항생제 스튜어디십을 추진하는 데 중요한 근거자료로 활용될 것으로 생각이 된다. 이 연구에서는 참여도의 수준을 구분하는 기준이 설정되지 않았고 대상 의료진의 수가 작아서 세부 분석을 시행하지 못했지만 주치의 개개인에 대한 피드백의 영향력을 효과적으로 평가하기 위해 향후 연구에서 이를 비교하는 것이 유용하리라 생각된다.

결론적으로, 본 연구에서는 신경계·외과계 중환자실의 주 2회 전향적 감사와 피드백 적용을 통해 다소간의 항생제 사용량 감소 및 일부 내성균의 발현 감소를 확인하였다. 항생제 스튜어디십 프로그램의 적용은 인력자원의 소모가 큰 반면에 효과가 표면적으로 드러나지 않아 병원의 자발적인 참여를 유도하는 것보다는 행

위에 대한 보상체계를 구축하여 지속 가능하게 하는 것이 정책적으로 중요할 것으로 판단된다. 이는 의료의 질을 향상시켜 환자의 만족감을 증진시킬 뿐 아니라 장기적으로 항생제 오·남용을 줄이고 내성균 발현을 감소시켜 앞으로 발생할 큰 의료적 부담을 줄여주는 가장 효과적인 방법일 것이다.

이해상충

이 연구에 영향을 미칠 수 있는 기관이나 이해당사자로부터 재정적, 인적 지원을 포함한 일체의 지원을 받은 바 없으며, 연구윤리와 관련된 제반 이해상충이 없음을 선언한다.

ORCID

Jin Gu Yoon: <https://orcid.org/0000-0003-3283-1880>
 Haneul Choi: <https://orcid.org/0009-0000-7628-4132>
 Sung Ran Kim: <https://orcid.org/0000-0002-9666-4113>
 Min Hee Cho: <https://orcid.org/0000-0001-9052-1210>
 Yu Jung Choi: <https://orcid.org/0009-0008-1933-5843>
 Eliel Nham: <https://orcid.org/0000-0001-7509-4863>
 Hye Seong: <https://orcid.org/0000-0002-5633-7214>
 Ji Yun Noh: <https://orcid.org/0000-0001-8541-5704>
 Hee Jin Cheong: <https://orcid.org/0000-0002-2532-1463>
 Woo Joo Kim: <https://orcid.org/0000-0002-4546-3880>
 Joon Young Song: <https://orcid.org/0000-0002-0148-7194>

참고문헌

1. Antimicrobial Resistance Collaborators, Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022;399(10325):

- 629–55. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)02724-0)
2. Liu C, Yoon EJ, Kim D, Shin JH, Shin JH, Shin KS, et al. Antimicrobial resistance in South Korea: a report from the Korean global antimicrobial resistance surveillance system (Kor-GLASS) for 2017. *J Infect Chemother*. 2019;25(11):845–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2019.06.010>
 3. Dellit TH, Owens RC, McGowan JE Jr, Gerding DN, Weinstein RA, Burke JP, et al. Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship. *Clin Infect Dis*. 2007;44(2):159–77. DOI: <https://doi.org/10.1086/510393>
 4. Hwang S, Kwon KT. Core elements for successful implementation of antimicrobial stewardship programs. *Infect Chemother*. 2021;53(3):421–35. DOI: <https://doi.org/10.3947/ic.2021.0093>
 5. Pollack LA, Srinivasan A. Core elements of hospital antibiotic stewardship programs from the Centers for Disease Control and Prevention. *Clin Infect Dis*. 2014;59(Suppl 3):S97–100. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciu542>
 6. Baur D, Gladstone BP, Burkert F, Carrara E, Foschi F, Döbele S, et al. Effect of antibiotic stewardship on the incidence of infection and colonisation with antibiotic-resistant bacteria and *Clostridium difficile* infection: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(9):990–1001. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(17\)30325-0](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(17)30325-0)
 7. Honda H, Ohmagari N, Tokuda Y, Mattar C, Warren DK. Antimicrobial stewardship in inpatient settings in the Asia Pacific region: a systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis*. 2017;64(Suppl 2):S119–26. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/cix017>
 8. Nathwani D, Varghese D, Stephens J, Ansari W, Martin S, Charbonneau C. Value of hospital antimicrobial stewardship programs [ASPs]: a systematic review. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2019;8:35. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0471-0>
 9. Yoon YK, Kwon KT, Jeong SJ, Moon C, Kim B, Kiem S, et al. Guidelines on implementing antimicrobial stewardship programs in Korea. *Infect Chemother*. 2021;53(3):617–59. DOI: <https://doi.org/10.3947/ic.2021.0098>
 10. Park SY, Moon SM, Kim B, Lee MJ, Park JY, Hwang S, et al.; Korea Study Group for Antimicrobial Stewardship (KOSGAP). Appropriateness of antibiotic prescriptions during hospitalization and ambulatory care: a multicentre prevalence survey in Korea. *J Glob Antimicrob Resist*. 2022;29:253–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2022.03.021>
 11. Kim YC, Park JY, Kim B, Kim ES, Ga H, Myung R, et al.; Korea Study Group for Antimicrobial Stewardship (KOSGAP). Prescriptions patterns and appropriateness of usage of antibiotics in non-teaching community hospitals in South Korea: a multicentre retrospective study. *Antimicrob Resist Infect Control*. 2022;11(1):40. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-022-01082-2>
 12. Langford BJ, So M, Raybardhan S, Leung V, Soucy JR, Westwood D, et al. Antibiotic prescribing in patients with COVID-19: rapid review and meta-analysis. *Clin Microbiol Infect*. 2021;27(4):520–31.

- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.12.018>
13. Heo JY. Antimicrobial stewardship program focused on prolonged carbapenem prescription. *Korean J healthc assoc Infect Control Prev.* 2023;28(1):1–3. DOI: <https://doi.org/10.14192/kjicp.2023.28.1.1>
 14. Vettese N, Hendershot J, Irvine M, Wimer S, Chamberlain D, Massoud N. Outcomes associated with a thrice-weekly antimicrobial stewardship programme in a 253-bed community hospital. *J Clin Pharm Ther.* 2013;38(5):401–4. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpt.12079>
 15. Park SY, Chang HH, Kim B, Moon C, Lee MS, Kim JY, et al. Human resources required for antimicrobial stewardship activities for hospitalized patients in Korea. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2020;41(12):1429–35. DOI: <https://doi.org/10.1017/ice.2020.1234>
 16. Coulter S, Merollini K, Roberts JA, Graves N, Halton K. The need for cost-effectiveness analyses of antimicrobial stewardship programmes: a structured review. *Int J Antimicrob Agents.* 2015;46(2):140–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.04.007>
 17. Naylor NR, Zhu N, Hulscher M, Holmes A, Ahmad R, Robotham JV. Is antimicrobial stewardship cost-effective? A narrative review of the evidence. *Clin Microbiol Infect.* 2017;23(11):806–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.06.011>
 18. Lee MJ, Moon SM, Kim B, Park SY, Park JY, Koo H, et al.; Korea Study Group for Antimicrobial Stewardship (KOSGAP). Status of antimicrobial stewardship programmes in Korean hospitals including small to medium-sized hospitals and the awareness and demands of physicians: a nationwide survey in 2020. *J Glob Antimicrob Resist.* 2021;26:180–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2021.06.001>