

중소병원으로 전원 온 환자의 카바페넴내성장내세균속균종 보균 위험요인

이미선^{1,2}, 김현정³¹한림대학교 간호대학원, ²센트럴병원 감염관리실, ³한림대학교 간호대학, 간호학연구소

Risk factors for the colonization of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in patients transferred to a small/medium-size hospital in Korea: a retrospective study

Misun Lee^{1,2}, Hyunjung Kim³¹Graduate School of Nursing Science, Hallym University, Siheung, Korea²Infection Control Office, Central Hospital, Siheung, Korea³School of Nursing, Research Institute of Nursing Science, Hallym University, Chuncheon, Korea

Purpose: This study aimed to identify the colonization rate of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE), the characteristics of CRE isolates, and risk factors for CRE colonization in patients transferred to the general wards of a small/medium-sized hospital.

Methods: This retrospective study was conducted on patients who underwent CRE culture tests within 24 hours of admission among patients transferred to a small/medium-sized hospital. Forty-seven patients confirmed as positive for CRE were classified as belonging to the patient group. For the control group, 235 patients (five times the number of the patient group) were matched by sex, age, and diagnosis, and then selected at random. Data were analyzed using descriptive analysis and multiple logistic regression analysis.

Results: The CRE colonization rate was 5% (47 out of 933 patients), and *Klebsiella pneumoniae* (68.0%) was the most common isolate of CRE. The positivity rate of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* was 61.7%. The risk factors for CRE colonization included renal disease (odds ratio [OR]=4.93; 95% confidence interval [CI], 1.49–16.31), heart disease (OR=3.86; 95% CI, 1.35–11.01), indwelling urinary catheters (OR=4.43; 95% CI, 1.59–12.36), and cephalosporin antibiotic use (OR=8.57; 95% CI, 1.23–59.60).

Conclusion: Having a comorbid renal or cardiac disease, an indwelling urinary catheter, or a history of exposure to cephalosporin antibiotics could be classified as risk factors for CRE colonization in patients transferred to small and medium-size hospitals. It is necessary to perform active infection control through proactive CRE culture testing of patients with risk factors.

Key Words: Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*; Epidemiology; Risk factors

주요어: 카바페넴내성장내세균종, 역학, 위험요인

Received: October 13, 2023

Revised: November 12, 2023

Accepted: November 12, 2023

Corresponding author:

Hyunjung Kim
School of Nursing, Hallym
University, 1 Hallymdaehak-gil,
Chuncheon 24252, Korea
Tel: +82-33-248-2712
Fax: +82-33-248-2734
E-mail: hjkim97@hallym.ac.kr

This manuscript is based on a part of the first author's master's thesis from Hallym University.

서론

1. 연구의 필요성

국내에서는 감염병 예방 및 관리에 관한 법률 제2조 제12호에 따라 6종의 감염병이 의료관련감염병으로 지정되었으며 카바페넴내성장내세균종(Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*, CRE)이 그 중 하나이다[1]. CRE는 카바페넴 계열의 항생제인 이미페넴(Imipenem), 메로페넴(Meropenem), 도리페넴(Doripenem), 얼타페넴(Ertapenem)중 한 가지 이상 항생제에 내성을 나타내는 장내세균속군 종이다[2]. 카바페넴은 베타락탐계 항생제로, 특히 광범위 베타락탐계 항생제 분해효소(extended-spectrum beta-lactamase)를 생성하는 그람 음성균 치료의 주요 약제이다. 카바페넴 내성 시 colistin, tigecycline과 같은 항생제로 사용이 제한되어 치료가 어려우며, 게다가 최근 이 항생제들의 내성의 증가가 보고되고 있어 CRE 감염은 매우 위협적이다[3]. 이에 따라 세계보건기구(World Health Organization)에서는 2017년 새로운 항생제 개발이 가장 시급한 우선 세균 목록에 CRE를 제안하였다[4].

2021년 질병관리청의 감염병 감시 연보에 따르면 국내 CRE 신고 건수는 2017년 5,717건, 2018년 11,954건, 2019년 15,369건, 2020년 18,113건이며 인구 10만 명당 발생률은 2017년 11.05, 2018년 23.08, 2019년 29.65, 2020년 34.94로 해마다 증가하고 있다[5]. 미국의 경우 CRE로 인해 연간 1.3만 명이 감염되고, 1,100명이 사망하며, 1억 3천만 달러의 의료비가 지출되고 있다[6]. CRE의 조기 전파 억제에 대해 미국의 질병통제예방센터(Centers for Disease Control and Prevention)와 국내의 질병관리청에서는 확산 방지를 위한 감염관리 활동이 필요하다고 하였으며 적극적으로 보균자를 확인하기 위한 능동감시 배양검사를 권장하고 있다[7]. 이 검사는 CRE 감염자 접촉 여부와 상관없이 모든 환자를 대상으로 CRE 보균자를 조기에 파악함으로써 CRE 전파를 최소화할 목적으로 시행하는 선별검사이다. CRE 보균자는 카바페넴분해효소생성장내세균속군종(Carbapenemase producing *Enterobacteriaceae*, CPE)을 보유하고 있을 수 있으며 CPE는 카바페넴분해효소를 암호화하는 유전자가 플라스미드상에 있어 다른 세균으로 내성유전자를 쉽게 전파하여 CRE 확산에 큰 영향을 미치므로 보균자의 조기파악이 중요하다. 2016년 국외에서 시행된 연구에 따르면 CRE 보균자 중 16.5%만이 감염으로 확인되고 있어 나머지 83.5%는 무증상 보균자로 잠재적인 전파원이 될 수 있다[8]. 따라서 잠재적인 전파를 차단하기 위해 선별검사가 매우 중요하다. CRE는 감염자 또는 보균자와의 접촉이나 오염된 기구, 물품 등을 통해 전파가 가능하므로 표준주의와 접촉주의를 철저히 준수하여 확산을 방지하여야 한다[5].

최근에는 환자들의 CRE 획득위험을 모형을 통해 예측한 후 고위험군에 선별검사를 시행하는 방안이 제안되고 있으며, 국외에서 다양한 CRE 획득위험 예측모형이 개발된 바 있다[9,10]. 국내에서는 상급종합병원 중환자실에 입실한 환자를 대상으로 한 CRE 획득위

험 예측모형이 개발되었으며, 연구 결과 다제내성균 분리 여부, 세팔로스포린계 항생제 사용일 수, 카바페넴계 항생제 사용일 수, acute physiology and chronic health evaluation II 점수가 CRE 획득에 영향을 주는 것으로 나타났다[11]. 질병관리청에서는 인공호흡장치, 중심정맥관, 도뇨관을 사용하고 있거나 외과적 상처가 있는 중환자를 감염위험요인으로 분류하고 있으며, 1년 이내 CRE 집단 발생 지역의 의료기관 입원 경험이 있는 경우이다. 또 1년 이내 이전 의료기관 또는 과거 입원 시 CRE가 확인된 경우, 1년 이내 CRE 환자와 접촉 경험이 있는 경우 그리고 이에 해당하는 환자와 긴밀한 접촉이 있어 확인이 필요하다고 판단되는 경우, 의료 관련 시설에서 전원 온 환자는 CRE 발생 고위험군으로 분류하고 있다[12]. 그러나 질병관리청에서 분류한 CRE 발생 고위험군 항목을 실무에 적용하기에는 다소 어려움이 있다. 현재 국내 의료기관 간의 환자 정보가 공유되지 않으므로 환자의 진술에 의존하여 건강정보를 획득하고 있으나 CRE 집단 발생 및 환자와의 접촉 경험과 같은 정보는 환자가 알지 못하는 경우가 많다. 그러므로 입원 시 환자의 상태, 환자의 진술 및 진료의뢰서의 기록과 같은 획득 가능한 건강정보로 CRE 선별검사의 기준에 대한 연구가 필요하다.

국내 CRE 위험요인과 관련된 연구는 모두 3차 의료기관을 대상으로 진행되어 왔다[11,13-15]. 그러나 2022년 10월 20일 기준 등록된 4,449개의 기관 중 300병상 미만의 병원은 4,074개로 전체의 약 92%를 차지하고 있으며, 300병 상 미만 의료기관 중 요양병원은 1,920개로 47%를 차지하고 있어 중소병원을 이용하는 환자가 많음을 예측할 수 있다[16]. 중소병원으로 전원오는 환자들은 요양원, 요양병원, 3차 의료기관에서 이송되는 환자들이며, 급성질환이 발생하였으나 상급의료기관의 치료는 불필요한 경우와 상급의료기관에서 중증질환 급성치료 후 이송되는 경우가 대부분이다. 중소병원은 이 기관들 사이에서 환자들의 질병 치료를 위한 허브역할을 하고 있어 감염관리가 중요하다. 의료기관 종별 감염관리실과 감염관리위원회 운영률은 상급종합병원은 100%로 나타났으나 400병상 미만 병원의 감염관리위원회 운영은 75%, 감염관리실 운영은 67%에 불과하였다[17]. 감염관리위원회와 감염관리실을 운영하지 않는 중소병원은 CRE 선별검사 대상 기준을 선정하고 관리하는데 상대적으로 상급종합병원보다 어려울 수 있으며 이는 중소병원의 감염관리가 상급종합병원에 비해 미흡하다고 할 수 있다.

중소병원을 이용하는 환자는 많으나 중소병원을 대상으로 한 CRE 감염관리에 대한 연구가 부족하고 중소병원과 요양원의 감염관리가 미흡하다는 점, 의료관련 시설에서 전원 온 환자가 질병관리청의 CRE 발생 고위험군으로 분류되었다는 점을 비추어볼 때 중소병원으로 전원 온 환자를 대상으로 한 연구가 필요하다. 중소병원 일반병동으로 전원오는 환자들은 중환자실에서의 집중치료는 필요치 않으나 의료시설에서 생활을 하며 지속적으로 감염에 노출되어 감염의 위험성이 있으며, 주로 감염에 취약한 고령의 만성질환자이다. 따라서 본 연구는 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환

자의 입원 당시 CRE 보균율을 알아보고 CRE 보균환자의 분리 균 특성과 위험요인을 분석하여 CRE 선별검사의 세부 기준에 대한 근거자료를 마련하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자를 대상으로 입원 시 CRE 보균율, CRE 보균환자의 분리 균 특성과 CRE 보균환자의 위험요인을 분석하여 CRE의 전파를 방지할 수 있는 선별검사의 세부 기준에 대한 근거자료를 마련하는 데 있으며, 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자의 CRE 보균율과 분리 균의 특성을 파악한다.
- 2) 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자의 특성에 따른 CRE 보균율의 차이를 파악한다.
- 3) 중소병원의 일반병동으로 전원 온 CRE 보균환자의 CRE 보균 위험요인을 분석한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자를 대상으로 CRE 보균율과 CRE 보균환자의 분리 균 특성을 파악하고, CRE 보균 환자군과 대조군을 비교하여 특성과 위험요인을 알아보기 위한 후향적 조사연구이다.

2. 연구 대상

본 연구는 2020년 01월부터 2021년 12월까지 280명상 경기도 소재 종합병원의 일반병동으로 전원 온 입원환자 1,224명 중 24시간 이내 CRE 선별검사를 시행한 환자 933명을 1차 선정하였다. 최종 연구대상자는 1차 선정 대상자 933명 중 CRE 양성으로 확인된 환자 47명을 환자군으로 분류하였으며, 대조군은 선행연구 [3,14,18]에 근거하여 환자군의 5배수인 235명을 성별, 나이, 진단명으로 매칭하여 난수표를 이용해 무작위 표본추출로 선정하였다.

최종 연구대상자 중 환자군과 대조군의 대상자 수 비율은 분석 결과의 신뢰도를 높이기 위해 선행연구를 참조하여 선정하였다 [3,14,18]. 선정된 대상자는 만 18세 이상으로 일반병동으로 전원 온 자 중 입원 후 24시간 이내 시행한 CRE 선별검사에서 양성으로 확인된 자를 환자군으로, 음성으로 확인된 자를 대조군으로 선정하였다. 환자군과 대조군 모두 입원 시 CRE를 보유하고 있거나 의료 정보를 확인할 수 없는 자, 조사기간 내 2회 이상 입원한 자는 대상에서 제외하였다.

3. 연구 도구

질병관리청의 2021년도 CRE 관리지침과 선행연구[12,14]를 근

거로 하여 자료수집 기록지를 개발하였다. 세부 항목과 내용은 다음과 같다.

1) 일반적 특성

연구대상자의 특성을 파악하기 위하여 성별, 연령, 진단명으로 하였고, 진단명은 주 진단명으로 한국표준질병사인분류에 따라 분류하였다.

2) 치료적 특성

연구대상자의 치료적 특성은 입원 시 경유지, 1년 이내 입원력, 3개월 이내 중환자실 입원력, 3개월 이내 수술력, 입원 시 욕창 보유, 동반 질환, 내원 시 침습적 기구보유, 입원 시 의식상태, 3개월 이내 다제내성균 분리내역, 3개월 이내 일반 균 분리내역, 3개월 이내 항생제 노출로 구분하였다.

전원의료기관은 급성기병원과 요양병원, 그리고 장기요양을 목적으로 집단생활과 간호 활동이 이루어지는 요양원으로 구분하였다. 동반 질환은 당뇨, 고혈압, 뇌졸중, 신부전, 간 질환, 폐 질환, 암, 심장질환, 기타로 분류하였다. 내원 시 침습적 기구보유는 중심정맥관, 유치 도뇨관, 말초동맥관, 기관 내 튜브, 비위관, 상처 배액관, 흉관 튜브, 기타로 분류하였으며 3개월 내 항생제 노출은 카바페넴계, 퀴놀론계, 아미노글리코사이드계, 글리코펩타이드계, 세팔로스포린계, 기타로 구분하였다.

3) CRE 분리 균 특성

연구대상자의 CRE 분리 균의 특성은 CRE 세부 균종과 CPE 분리 여부, CPE 종류로 분류하였다.

4. 자료 수집

자료 수집은 경기도 소재 종합병원으로 전원 온 환자 중 입원 24시간 이내 CRE 선별검사를 시행한 환자만을 추출하여 전자 의무기록을 후향적으로 검토하여 연구자가 개발한 자료수집 기록지를 사용하여 시행하였다. 연구대상자는 무기명으로 부호화하여 코딩하였으며 개인정보와 의무기록은 프로그램 암호화를 통해 비밀을 보장하여 개인을 식별할 수 없도록 하였다.

5. 자료 분석 방법

자료는 통계 프로그램 SPSS statistics 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 통계 분석은 양측검정 유의수준 $p < .05$ 를 기준으로 판단하였으며, 구체적인 분석 방법은 다음과 같다.

- 1) 연구대상의 일반적 특성, 치료적 특성, CRE 분리 균의 특성은 기술통계를 통하여 평균, 표준편차, 빈도, 백분율을 산출하였다.
- 2) CRE 보균 유무에 따른 연구대상의 일반적 특성, 치료적 특성의 차이 분석은 Chi-squared test, Fisher's exact test, independent sample t-test로 실시하였다.

3) CRE 유무에 영향을 미치는 요인은 Multiple logistic regression analysis를 실시하였다. 대상자의 특성에 따른 CRE 보균율에 유의한 차이를 보인 14개 변수를 입력 방식(Enter method)을 사용하여 투입하여 분석을 실시하였다. 모형의 적합성은 Hosmer-Lemeshow 검정으로, 모형의 설명력은 Nagelkerke R²을 이용하여 확인하였다.

6. 윤리적 고려

본 연구는 한림대학교 생명윤리위원회의 심의를 받아 승인 후 시행하였다(IRB No. HIRB-2022-041-R). 후향적으로 대상자의 전자의무기록을 이용한 조사연구로 대상자의 동의는 면제되었다. 대상자는 무기명 처리되어 부호화되었으며, 모든 연구자료는 비밀번호 설정이 된 컴퓨터에서 관리하여 개인정보를 보호하였다.

연구 결과

1. 중소병원 일반병동으로 전원 온 환자의 CRE 보균율 및 분리균 특성

CRE 선별검사를 시행한 933명 중 양성 환자는 47명으로 중소병원 일반병동으로 전원 온 환자의 CRE 보균율은 5%로 나타났다. CRE 양성 환자 47명 중 두 가지 이상 균을 가진 것으로 확인된 환자를 포함하여 폐렴간균(*Klebsiella pneumoniae*) 34명(68.0%), 대장균(*Escherichia coli*) 12명(24.0%), Others 4명(8.0%) 이었다. CPE 분리 환자는 29명(61.7%)으로 나타났으며 CPE 종류로는 두 가지 이상 분리된 환자를 포함하여 *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC) 19명(61.3%), New Delhi metallo-β-lactamase (NDM) 10명(32.3%), 기타 2명(6.5%)으로 나타났다(Table 1).

2. 대상자의 특성에 따른 CRE 보균율의 차이

대상자의 일반적 특성에 해당하는 성별, 연령, 진단명에 따른 CRE 보균율에는 유의한 차이가 없었다. 치료적 특성 중 입원 경로(p = .002), 1년 이내 입원 경험(p = .002), 입원 시 욕창 보유(p = .019), 입원 시 침습적 기구보유(p < .001), 3개월 내 다제내성균의 분리(p = .001), 3개월 내 일반 균의 분리(p < .001), 3개월 이내 항생제 노출(p < .001)에 따라 CRE 보균에 유의한 차이가 있었다. 동반질환을 세부분석한 결과 신장질환(p < .001), 심장질환이 있는 환자(p < .001)들은 유의한 차이를 보였다. 삽입기구와 항생제 계열의 세부분석은 대상자 수가 부족한 항목은 제외한 후 분석 결과 중심정맥관(p < .005), 유치 도뇨관(p < .001), 기관 내 튜브(p = .001), 비위관(p < .001)을 가지고 있는 경우 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 항생제 계열로는 카바페넴계(p < .001), 글리코펩타이드계(p = .002), 세팔로스포린계(p = .002) 투여 시 유의한 차이가 있었다(Table 2).

3. CRE 보균에 영향을 미치는 요인

CRE 보균에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위하여 환자군과 대조군 간의 유의한 차이를 보였던 14개의 변수들로 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. Hosmer & Lemeshow 검정 결과 회귀모형은 적합하였으며($\chi^2 = 2.09, p > .05$), 회귀모형의 설명력은 32.3%이었다(Nagelkerke's R² = .32). 입원 시 신장질환을 동반한 경우(OR 4.93, 95% CI 1.49~16.31), 심장질환을 동반한 경우(OR 3.86, 95% CI 1.35~11.01), 유치도뇨관을 보유한 경우(OR 4.43, 95% CI 1.59~12.36)와, 3개월 이내 세팔로스포린계 항생제에 노출된 경우(OR 8.57, 95% CI 1.23~59.60) CRE 발생위험이 높은 것으로 나타났다(Table 3).

논의

본 연구는 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자를 대상으로 입원 시 CRE 보균율, CRE 보균환자의 분리 균 특성과 CRE 보균환자의 위험요인을 분석하여 CRE의 전파를 방지할 수 있는 선별검사의 세부 기준에 대한 근거자료를 마련하고자 수행되었다.

본 연구의 CRE 선별검사에서 CRE 보균율은 5%로 나타났다. 2016년 국내 상급종합병원 전체 병동의 CRE 보균율이 1.6%였으며[19], 일반병동만을 대상으로 한 2020년 국내 연구에서는 CRE 보균율이 2.1%이었다[14]. 국외에서는 2013년 상급종합병원의 CRE 보균율이 8.8%였으며[20], 2014년 장기요양기관의 CRE 보균율이 7.1%이었다[21]. 본 연구는 중소병원을 대상으로 한 연구이므로 앞선 선행연구들과 비교하기는 어려우나 국외 연구보다는 낮고 국내 연구 결과보다는 다소 높은 결과이다. 이는 다양한 환경과 문화가 작용한 것으로 볼 수 있으며, 국내 타 연구보다 보균율이 높

Table 1. CRE Colonization Rate and Characteristics

Variable	Category	n	%
CRE colonization rate (N = 933)			
CRE	Negative	886	95.0
	Positive	47	5.0
Characteristics of CRE (N = 47)			
Bacteria species [†]	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	34	68.0
	<i>Escherichia coli</i>	12	24.0
	Others	4	8.0
CPE	Yes	29	61.7
	No	18	38.3
Carbapenemase gene [†]	KPC	19	61.3
	NDM	10	32.2
	Others	2	6.5

CRE = carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*; CPE = carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*; KPC = *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase; NDM = New Delhi metallo-beta-lactamase.

[†]multiple response.

Table 2. Differences in CRE Colonization Rates According to Sample Characteristics (N = 282)

Variable	Category	CRE		χ^2 or t (p)		
		Positive (n = 47)	Negative (n = 235)			
		n (%)				
Sex	Male	26 (55.3)	133 (56.6)	0.02 (.872)		
	Female	21 (44.7)	102 (43.4)			
Age (yr)		74.66 ± 16.86	76.96 ± 15.26	0.92 (.354)		
Diagnosis	Respiratory disease	14 (29.8)	97 (41.3)	(.911) [§]		
	Digestive disease	8 (17.0)	32 (13.6)			
	Renal disease	7 (14.9)	29 (12.3)			
	Neurological disease	7 (14.9)	32 (13.6)			
	Musculoskeletal disease	3 (6.4)	12 (5.1)			
	Heart disease [†]	1 (2.1)	7 (3.0)			
	Cancer	2 (4.3)	9 (3.8)			
	Others	5 (10.6)	17 (7.2)			
	Mental state	Alert	15 (31.9)		102 (43.4)	2.13 (.144)
Non-alert		32 (68.1)	133 (56.6)			
Admission route	General hospital	22 (46.8)	57 (24.3)	12.79 (.002)		
	Long-term care hospital	9 (19.1)	34 (14.5)			
	Nursing home	16 (34.0)	144 (61.3)			
Hospitalization within 1 year	Yes	34 (72.3)	113 (48.1)	9.23 (.002)		
	No	13 (27.7)	122 (51.9)			
Hospitalization in ICU within 3 months	Yes	4 (8.5)	13 (5.5)	(.433) [§]		
	No	43 (91.5)	222 (94.5)			
Surgery within 3 months	Yes	5 (10.6)	12 (5.1)	2.11 (.146)		
	No	42 (89.4)	223 (94.9)			
Bedsore	Yes	19 (40.4)	56 (23.8)	5.52 (.019)		
	No	28 (59.6)	179 (76.2)			
Comorbidity [†]	No	2 (4.3)	15 (6.4)	(.747) [§]		
	Yes	45 (95.7)	220 (93.6)			
	Respiratory disease	2 (1.9)	17 (3.6)		(.457) [§]	
	Digestive disease	4 (3.7)	10 (2.1)		(.220) [§]	
	Renal disease	9 (8.3)	10 (2.1)		13.82 (<.001)	
	Neurological disease	15 (13.9)	69 (14.6)		0.12 (.727)	
	Diabetes	13 (12.0)	74 (15.7)		0.26 (.604)	
	Hypertension	23 (21.3)	138 (29.2)		1.53 (.216)	
	Heart disease	13 (12.0)	16 (3.4)		18.45 (<.001)	
	Cancer	7 (6.5)	22 (4.7)		1.29 (.254)	
	Others	22 (20.4)	116 (24.6)		0.10 (.749)	
	Invasive devices [†]	No	19 (40.4)		178 (75.7)	23.20 (<.001)
		Yes	28 (59.6)		57 (24.3)	
Central line		7 (11.3)	10 (9.1)	7.82 (.005)		
Foley catheter		28 (45.2)	48 (43.6)	30.49 (<.001)		
Arterial line		0	5 (4.5)	-		
Endotracheal tube		9 (14.5)	12 (10.9)	11.20 (.001)		
Levin tube		16 (25.8)	31 (28.2)	12.26 (<.001)		
Wound drain tube		1 (1.6)	3 (2.7)	-		
Chest tube		1 (1.6)	0	-		
Others		0	1 (0.9)	-		

(Continued to the next page)

Table 2. Continued

Variable	Category	CRE		χ^2 or t (p)	
		Positive (n = 47)	Negative (n = 235)		
		n (%)			
Multidrug-resistant organisms within 3 months [†]	No	37 (78.7)	220 (93.6)	10.75 (.001)	
	Yes	10 (21.3)	15 (6.4)		
	ESBL	1 (6.7)	5 (23.8)		
	MRAB	3 (20.0)	7 (33.3)		
	MRSA	4 (26.7)	1 (4.8)		
	MRPA	4 (26.7)	5 (23.8)		
	VRE	3 (20.0)	3 (14.3)		
Common bacteria within 3 months [†]	No	38 (80.9)	225 (95.7)	13.82 (<.001)	
	Yes	9 (19.1)	10 (4.3)		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3 (27.3)	4 (33.3)		
	<i>Enterococcus faecium</i>	1 (9.1)	0		
	<i>Escherichia coli</i>	1 (9.1)	2 (16.7)		
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1 (9.1)	1 (8.3)		
	<i>Acinetobacter baumannii</i>	0	2 (16.7)		
	Others	5 (45.5)	3 (25.0)		
Antibiotic treatments within 3 months [†]	No	33 (70.2)	216(91.9)	17.85 (<.001)	
	Yes	14 (29.8)	19 (8.1)		
	Carbapenems	10 (40.0)	13 (50.0)		12.96 (<.001)
	Quinolones	3 (12.0)	6 (23.1)		
	Aminoglycosides	0	0		-
	Glycopeptides	6 (24.0)	4 (15.4)		(.002) [§]
	Cephalosporins	5 (20.0)	3 (11.5)		(.002) [§]
	Others	1 (4.0)	0		-

Values are presented as the mean ± standard deviation or n (%).

CRE = carbapenem-resistant Enterobacteriaceae; ESBL = extended-spectrum beta-lactamase; ICU = intensive care unit; MRAB = multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*; MRSA = methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*; MRPA = multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*; VRE = vancomycin-resistant *Enterococcus*.

[†]including myocardial infarction, angina pectoris, heart failure; [‡]multiple response; [§]Fisher exact test.

은 것은 선행연구가 시행됐던 시기보다 시간이 경과한 결과라 볼 수 있다. 국내 2017년 CRE 신고 건수는 5,717건이었고, 2020년 CRE 신고 건수는 18,113건으로 증가한 것을 확인할 수 있으며[5], 해마다 CRE 신고 건수가 증가함은 보균을 역시 증가한다고 볼 수 있어 적극적인 CRE 선별검사가 중요하다.

본 연구에서 CRE 균이 분리된 환자군의 분리 균종은 *Klebsiella pneumoniae* 가 68%로 가장 높았으며 *Escheichia coli*가 24%로 그 뒤를 이었다. 국내 상급종합병원 중환자실을 대상으로 시행된 연구에서 CRE 보균자의 분리 균은 *Klebsiella pneumoniae* 81%, *Escheichia coli* 10%로 본 연구와 같은 양상을 보였으며[11], 입원환자를 대상으로 시행된 연구에서도 57%와 17%로 나타났다[3]. 일반병동 환자에서도 69.7%와 24.2%의 비율을 보였다[14]. 2013년 국외 연구에서는 *Klebsiella pneumoniae* 97%였고[20], 2015년 연구에서는 *Klebsiella pneumoniae* 42.2%, *Escheichia coli* 24.3% 순으로 나타났다[9]. 이는 *Klebsiella pneumoniae*가 국외 뿐만 아니라 국내에서도 이미 CRE 감염의 주요 병원체로 자리를 잡았음을 확인할 수 있다. 따라

서 임상 배양검사서 *Klebsiella pneumoniae*와 *Escheichia coli* 균이 분리되거나 분리된 이력이 있다면 CRE 보균자이거나 CRE 보균자로 이환 될 가능성이 있다고 볼 수 있으며 표준주의 및 감염관리에 조금 더 세심한 주의를 기울여야 할 필요가 있다.

국내 CRE 중 CPE 비율은 2018년 49.8%에서 2019년 57.8%로 증가하였고[12], 본 연구에서는 61.7%로 나타나 CRE 중 CPE 신고 건수가 증가하면서 CPE 양성도 같이 증가하고 있음을 알 수 있다. 본 연구의 CPE 유전자형은 KPC가 61.3%로 가장 높았으며 NDM이 32.3%로 뒤를 이었다. 질병관리청의 2017년 국내 CPE 감시 결과 분석 보고서에서는 KPC가 57.1%, NDM 26.8%로 KPC가 더 많이 차지하는 것으로 보고되었다[22]. 이외 국내 연구에서도 KPC 75%-78%, NDM 20%-22%로 나타나[3,13], 우리나라의 CPE 유전자형은 KPC와 NDM이 우세한 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서 CRE 보균에 영향을 주는 요인으로는 신장질환과 심장질환을 동반한 경우, 유치도뇨관을 보유한 경우, 최근 3개월 이내 세팔로스포린 항생제에 노출된 경우로 확인되었다. 본 연구에

Table 3. Risk Factors for Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in Patients Transferred to a Small/Medium-size Hospital (N = 282)

Variable	Category	Odds ratio	95% CI	p
Admission route (Ref. general hospital)	Long-term care hospital	0.49	0.14~1.70	.266
	Nursing home	0.41	0.11~1.45	.167
Hospitalization within 1 year (Ref. no)		0.68	0.20~2.28	.540
Bedsore (Ref. no)		0.95	0.37~2.48	.930
Comorbidity (Ref. no)	Renal disease	4.93	1.49~16.31	.009
	Heart disease	3.86	1.35~11.01	.011
Use of invasive devices when hospitalized (Ref. no)	Central line	1.09	0.27~4.39	.899
	Foley catheter	4.43	1.59~12.36	.004
	Endotracheal tube	0.81	0.23~2.89	.755
	Levin tube	1.13	0.39~3.27	.810
Positive for multidrug-resistant organisms within 3 months (Ref. negative)		0.97	0.17~5.56	.978
Positive for common bacteria within 3 months (Ref. negative)		1.98	0.41~9.61	.392
Antibiotic treatments within 3 months (Ref. no)	Carbapenems	2.21	0.53~9.15	.273
	Glycopeptides	1.47	0.15~14.23	.740
	Cephalosporins	8.57	1.23~59.60	.030

Nagelkerke's R² = .32, Hosmer-Lemeshow p > .05

CI = confidence interval; Ref = reference.

서와 같이 신장질환을 가지고 있는 경우 CRE 보균 획득위험이 높은 것으로 보고되어 왔다[3,23-25]. 신장질환 환자들은 투석을 받는 경우가 많으며 요로감염이 쉽게 발생하는데, 요로감염과 투석 모두 CRE 발생의 주요 요인이다[25]. 이는 신장질환 환자의 면역이 저하되고, 잦은 의료기관의 이용과 투석과 관련된 정기적인 침습적 처치로 인해 감염의 위험이 높은 것으로 여겨진다. 따라서 신장질환을 동반한 경우 CRE 보균 위험인자로 분류하고 적극적인 선제 검사를 시행해야 할 필요가 있다. 이에 더하여 인공신장실에서 투석과 같은 침습적 처치를 시행할 시 철저한 감염관리가 요구된다.

또한 심장질환을 동반한 경우 CRE 보균위험이 높았으나, 국내 상급종합병원을 대상으로 한 선행연구에서는 CRE 보균의 위험요인으로 확인된 연구는 없었다[3,10,15]. 본 연구에서 심근경색, 협심증, 심부전을 포함하고 있는 심장질환은 응급한 처치를 필요로 하는 질환이며 심부전 진료지침과 심뇌혈관질환 센터 운영지침을 보면 전문의료인과 의료장비를 필요로 하므로 일반적으로 상급종합병원에서 치료를 수행한다[26,27]. 치료를 받는 동안 심장질환 환자는 중환자실로 입실하여 침습적인 처치를 주로 받을 수 있으며 일부 환자는 중소병원으로 전원하여 치료를 이어간다. 본 연구의 심장질환을 동반한 CRE 보균환자 13명에 대한 분석 결과 12명이 1년 이내 입원력이 있었고, 8명이 침습적 기구를 보유하고 있었으며, 5명이 다제내성균 분리 이력을 가지고 있었다. 이러한 입원력, 침습적 기구보유, 다제내성균 분리 이력은 CRE 획득 위험인자로 제시한 선행연구 및 관련 지침들과 유사한 결과를 보여주고 있다 [3,7,11,12,14]. 따라서 신장질환과 마찬가지로 심장질환을 동반한 경우 CRE 보균 위험인자로 분류하고 적극적인 선제 검사를 시행

해야 할 필요가 있다. 또한 의료기관들 간의 환자 기록을 공유하여 감염의 위험요인을 감시할 수 있는 의료정보 시스템이 구축되어 조 기 발견과 효과적인 관리를 할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

본 연구의 세 번째 CRE 보균 위험요인은 유치도뇨관 보유이며, 침습적 기구의 사용에서 유치도뇨관이 CRE 보균 위험요인으로 나타난 것은 상급종합병원을 대상으로 한 기존 연구들과 일치한다 [3,11]. 또한 국외 연구에서 CRE 발생의 40.2%가 요로감염이었으며[25], 이는 유치도뇨관을 통해 CRE 감염이 발생할 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다. 유치도뇨관의 삽입 비율과 감염률을 보면 해마다 그 비율이 상승하고 있으며 중소병원의 경우 삽입 비율은 낮는데 요로감염 발생은 대형병원과 차이가 없는 것으로 나타났다[28]. 유치도뇨관 관련 요로감염은 장기입원과 연결되며 항생제 사용을 증가시키는 요인이며[29], 항생제의 사용 빈도가 늘어날수록 다제내성균 발생위험에 노출되는 것이며 다제내성균의 분리는 타 선행연구에서 CRE 보균 위험요인으로 분류된 바 있다[3].

항생제 중 세팔로스포린계 항생제는 요로감염 시 투여 가능한 항생제로 분류되며 CRE 보균 위험요인 중 하나로 여겨지고 있다 [30]. 세팔로스포린계 항생제 노출은 본 연구에서도 가장 중요한 CRE 보균 위험요인으로 확인되었으며, CRE 획득위험이 3.2-7.7 배 증가하는 것으로 국내외에서 보고되어왔다[3,14,31,32]. 그러므로 의료기관에서의 항생제 관리가 시급하며, 앞에서 CRE 보균 위험요인으로 확인된 유치도뇨관을 관리하는 것도 항생제 관리의 하나라고 여겨진다. 이미 유치도뇨관 관리지침은 개발돼 임상에 적용 중이나[33], 지침의 여러 항목을 모두 수행하고 있지는 않은 것으로 나타났다[34]. 이러한 낮은 수행도는 요로감염을 일으킬 수 있는 위험요인이 되며 이는 장기입원과 항생제 사용으로 이어질 수

있다. 그러므로 유치도뇨관을 관리하는 의료기관과 요양원의 유치도뇨관의 감염관리 수행도를 높이는 활동이 필요하며 유치도뇨관 삽입의 적용기준에 부합하는 경우에만 유치도뇨관을 삽입하는 노력이 필요하다.

CRE 감염을 예방하기 위해 의료기관에서는 감염예방 표준주의 지침을 숙지하고 수행해야 하며 유치도뇨관으로 인한 CRE 감염을 예방하는 노력도 필요하다. 그러므로 카테터 관련 요로감염 예방 지침을 수행해야 하며 항생제의 사용을 줄이기 위한 노력도 필요한데 항생제 관리를 위한 의사결정기구를 운영하여 항생제 사용지침을 개발하고 검토하여 지침을 실무에 적용하는 노력이 필요할 것이다. 또한 입원 시 사정을 통해 신장질환, 심장질환 동반 환자와 유치도뇨관 보유, 3개월 내 세팔로스포린계 항생제 노출이 확인된 경우 선별검사의 시행 여부를 고려해 볼 수 있을 것이다.

본 연구의 제한점으로는 CRE 발생 위험요인에 대한 선행연구들이 대부분 상급종합병원과 상급종합병원의 중환자실로 입원한 환자를 대상으로 시행된 연구로 중소병원을 대상으로 시행한 본 연구결과와 선행연구를 비교하는 것에 제한점이 있었다. 또한 일개 병원의 입원환자를 대상으로 하였으므로 본 연구결과를 국내 중소병원으로 일반화하는 것에 주의를 기울일 필요가 있다.

그럼에도 본 연구는 기존의 상급종합병원을 대상으로 한 CRE 위험요인에 관한 연구와 달리 중소병원의 일반병동으로 전원 온 환자를 대상으로 CRE 보균율과 위험요인을 조사한 연구이다. 국내의 중소병원의 비율이 높고, CRE 환자가 증가하고 있는 상황에서 시행된 연구로 의의를 가진다. 또한 초고령화로 접어들고 있는 국내 상황에서 중소병원과 요양원을 이용하는 사람이 늘어남에 따라 [5,16], 중소병원의 CRE 감염관리의 필요성과 CRE 선별검사의 기준에 대한 기초자료를 제시한 연구라 할 수 있다.

결론

중소병원 일반병동으로 전원 온 환자의 CRE 보균율은 5%로 높은 보균율을 보이고 있으며, 해마다 CRE 신고 건수가 늘고 있는 경향으로 보아 앞으로 보균율은 더 높아질 수 있을 것이다. CRE 분리 균종은 *Klebsiella pneumoniae*가 가장 높았으며 CPE 유전자형은 KPC가 우세하였다. CRE 보균환자의 위험요인에 대한 분석 결과 중소병원으로 전원 온 일반병동 입원환자 중 신장질환과 심장질환을 동반하고 유치도뇨관 보유, 세팔로스포린계 항생제 노출 이력 환자는 CRE 보균 위험요인으로 규명되었다. 위험요인으로 분류된 환자들과 *Klebsiella pneumoniae*균이 분리된 이력이 있는 환자들은 선별검사를 시행하여 CRE 보균 유무를 확인하고 표준주의 준수와 전파경로별 감염관리 수행을 할 필요가 있다. CRE 위험 환자를 조기에 선별하는 것은 CRE 전파를 조기에 차단하는 것에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구결과를 통해 다음과 같이 제안하고자 한다. 첫째, 국내 다

양한 지역의 여러 중소병원을 대상으로 한 CRE 보균율과 CRE 위험요인에 관한 후속 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구는 환자 측면에서만 위험요인을 분석하였으므로 시설, 환경, 의료인 등 다양한 요인을 고려한 연구가 필요하다.

ORCID

Misun Lee, <https://orcid.org/0009-0003-0555-3093>

Hyunjung Kim, <https://orcid.org/0000-0002-3484-4936>

CONFLICT OF INTEREST

Hyunjung Kim has been an Editor-in-Chief since 2022. However, she was not involved in the review process of this manuscript. Otherwise, there was no conflict of interest.

AUTHORSHIP

ML and HK contributed to the conception and design of this study; ML collected data. ML and HK performed the statistical analysis and interpretation; ML and HK drafted and revised the manuscript; HK supervised the whole study process. All authors read and approved the final manuscript.

FUNDING

None.

DATA AVAILABILITY

Please contact the corresponding author for data availability.

REFERENCES

1. Korea Ministry of Government Legislation. Law on the prevention and management of infectious diseases [Internet]. Sejong: Korea Ministry of Government Legislation [cited 2022 Dec 13]. Available from: <https://www.law.go.kr/LSW/conAdmrulByLsPop.do?&lsiSeq=242981&joNo=0002>
2. Joo SJ, Kim MK, Shin EK, Yoo JI. Molecular characteristic analysis and antimicrobial resistance of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) isolates in the Republic of Korea, 2017-2020. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2021 [cited 2022 Mar 05]. Available from: <https://kdca>.

- go.kr/filepath/boardSyview.es?bid=0034&list_no=718129&seq=1
- Lee YJ, Kang JE, Ham JY, Lee JG. Risk factors of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* acquisition at a community-based hospital. *Korean Journal of Clinical Pharmacy*. 2020; 30(2):120-126. <https://doi.org/10.24304/kjcp.2020.30.2.120>
 - Taconelli E, Carrara E, Savoldi A, Harbarth S, Mendelson M, Monnet DL, et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018;18(3):318-327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
 - Korea Centers for Disease Control and Prevention. Infection diseases surveillance yearbook, 2020 [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2021 [cited 2022 Oct 03]. Available from: <https://npt.kdca.go.kr/npt/biz/npp/portal/nppPblctDtaView.do?pblctDtaSeAt=1&pblctDtaSn=2452>
 - Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic resistance threats in the United States, 2019. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2019.
 - Centers for Disease Control and Prevention. Facility guidance for control of carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) [Internet]. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention; 2015 [cited 2022 May 05]. Available from: <https://www.cdc.gov/hai/pdfs/cre/cre-guidance-508.pdf>
 - Tischendorf J, Avila RA, Safdar N. Risk of infection following colonization with carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: a systematic review. *American Journal of Infection Control*. 2016;44(5):539-543. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.12.005>
 - Ling ML, Tee YM, Tan SG, Amin IM, How KB, Tan KY, et al. Risk factors for acquisition of carbapenem resistant *Enterobacteriaceae* in an acute tertiary care hospital in Singapore. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. 2015;4(1):1-7. <https://doi.org/10.1186/s13756-015-0066-3>
 - Martin ET, Tansek R, Collins V, Hayakawa K, Abreu-Lanfranco O, Chopra T, et al. The carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* score: a bedside score to rule out infection with carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* among hospitalized patients. *American Journal of Infection Control*. 2013; 41(2):180-182. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.02.036>
 - Song JY, Jeong IS. Development of a risk prediction model of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* colonization among patients in intensive care units. *American Journal of Infection Control*. 2018;46(11):1240-1244. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.05.001>
 - Korea Centers for Disease Control and Prevention. Health-care-associated infectious disease control guidelines [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2021 March 26 [cited 2021 Dec 01]. Available from: https://kdca.go.kr/filepath/boardSyview.es?bid=0019&list_no=712842&seq=1
 - Kang JS, Yi JY, Ko MK, Lee SO, Lee JE, Kim KH. Prevalence and risk factors of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* acquisition in an emergency intensive care unit in a tertiary hospital in Korea: a case-control study. *Journal of Korean Medical Science*. 2019;34(18):1-11. <https://doi.org/10.3346/jkms.2019.34.e140>
 - Park JK, Kim YH, Jung JS, Jung JW. Prevalence and risk factors of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* (CRE) colonization at the time of admission in hospital wards. *Korean Society of Nursing Science academic conference*; 2020. p. 220.
 - Seo SM, Jeong IS. External validation of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* acquisition risk prediction model in a medium sized hospital. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2020;50(4):621-630. <https://doi.org/10.4040/jkan.20137>
 - Public data portal. National Medical Institution Status [Internet]. Sejong: Ministry of the Interior and Safety; 2022 [cited 2022 Dec 13]. Available from: <https://www.data.go.kr/data/15096293/standard.do>
 - Park HJ, Koo HS, Lee SJ, Lee HM, Jeong YW. Status of health-care-associated infection control by type of healthcare facilities in 2018. *Korea Centers for Disease Control and Prevention. Weekly Health and Illness*. 2018;12(31):1054-1061.
 - Park WW, Son SY, Park HS, Park HS. A proposal on determining appropriate sample size considering statistical conclusion validity. *Seoul Journal of Industrial Relations*. 2010;21:51-85.
 - Lee HJ, Choi JK, Cho SY, Kim SH, Park SH, Choi SM, et al. Carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: prevalence and risk factors in a single community-based hospital in Korea. *Infection & Chemotherapy*. 2016;48(3):166-173. <https://doi.org/10.3947/ic.2016.48.3.166>
 - Schechner V, Kotlovsky T, Kazma M, Mishali H, Schwartz D, Navon-Venezia S, et al. Asymptomatic rectal carriage of bla_{KPC} producing carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae*: who is prone to become clinically infected? *Clinical Microbiology*

- and Infection. 2013;19(5):451-456. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03888.x>
21. Bhargava A, Hayakawa K, Silverman E, Haider S, Alluri KC, Datla S, et al. Risk factors for colonization due to carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* among patients: exposed to long-term acute care and acute care facilities. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2014;35(4):398-405. <https://doi.org/10.1086/675614>
 22. Lee EJ, Lee SJ, Park HJ, Kim SN, Lee HM. Analysis of carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* (CPE) surveillance results for 2017 in Korea: comparison with the surveillance results of the previous 5 years (2012-2016). *Korea Centers for Disease Control and Prevention. Weekly Health and Illness*. 2018;11(47):1586-1619.
 23. Kofteridis DP, Valachis A, Dimopoulou D, Maraki S, Christidou A, Mantadakis E, et al. Risk factors for carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* infection/colonization: a case-control study. *Journal of Infection and Chemotherapy*. 2014;20(5):293-297. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2013.11.007>
 24. Gao Y, Chen M, Cai M, Liu K, Wang Y, Zhou C, et al. An analysis of risk factors for carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infection. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. 2022;30:191-198. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2022.04.005>
 25. de Maio Carrilho C, de Oliveira LM, Gaudereto J, Perozin JS, Urbano MR, Camargo CH, et al. A prospective study of treatment of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections and risk factors associated with outcome. *BMC Infectious Diseases*. 2016;16(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-1979-z>
 26. Ministry of Health and Welfare. Regional Cardiocerebrovascular Disease Center 2020 Operational Guidelines [Internet]. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2020 [cited 2022 Dec 01]. Available from: https://www.mohw.go.kr/board.es?mid=a10411010300&bid=0019&act=view&list_no=365757
 27. The Korean Society of Heart Failure. 2022 Guideline for the Management of Heart failure. Seoul: The Korean Society of Heart Failure; 2022. p. 1-277.
 28. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Promotion of catheter associated urinary tract infection (CAUTI) prevention [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2019 [cited 2022 Oct 3]. Available from: <https://library.nih.go.kr/ncmiklib/synap/skin/doc.html?fn=6e163e5f4a603b5457d3303139c8cf26b3987bca36ce-008e0f17a39b68ee5623&rs=/roms/ncmik/st1/synap/202311&fileKey=86648>
 29. Park CE. Evaluation of the effectiveness of surveillance on improving the detection of healthcare associated infections. *Korean Journal of Clinical Laboratory Science*. 2019;51(1):15-25. <https://doi.org/10.15324/kjcls.2019.51.1.15>
 30. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Clinical practice guidelines for urinary tract infections [Internet]. Cheongju: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2017 [cited 2022 Oct 3]. Available from: <https://library.nih.go.kr/ncmiklib/synap/skin/doc.html?fn=802750d8d4d885cdb120bc298d03f173903e37e163d51a2014044608a8ff682a&rs=/ncmiklib/ncmik/st1/synap/202306&fileKey=76536>
 31. Wu D, Cai J, Liu J. Risk factors for the acquisition of nosocomial infection with carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Southern Medical Journal*. 2011;104(2):106-110. <https://doi.org/10.1097/SMJ.0b013e318206063d>
 32. Satlin MJ, Cohen N, Ma KC, Gedrimaite Z, Soave R, Askin G. Bacteremia due to carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* in neutropenic patients with hematologic malignancies. *Journal of Infection*. 2016;73(4):336-345. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2016.07.002>
 33. Gould CV, Umscheid CA, Agarwal RK, Kuntz G, Pegues DA, Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for prevention of catheter-associated urinary tract infections 2009. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 2010;31(4):319-326. <https://doi.org/10.1086/651091>
 34. Choi EY, Song MS. Factors influencing the infection control performance of catheter-associated urinary tract infection of nurses in hospitals. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2019;25(3):303-313. <https://doi.org/10.22650/JKCNr.2019.25.3.303>