

응급실 과밀화와 간호사 배치수준이 폐렴 환자의 입실 후 항생제 투여까지 소요된 시간에 미치는 영향

이주현¹ · 조성현²

서울대학교 간호대학¹, 서울대학교 간호대학 · 간호과학연구소²

Effect of Crowding and Nurse Staffing on Time to Antibiotic Administration for Patients with Pneumonia in an Emergency Department

Lee, Joo Hyun¹ · Cho, Sung-Hyun²

¹College of Nursing, Seoul National University

²College of Nursing, Research Institute of Nursing Science, Seoul National University

Purpose: This study was conducted to identify the effect of crowding and nurse staffing on time to antibiotic administration for pneumonia patients in an emergency department (ED). **Methods:** The sample included pneumonia patients visiting an ED from November 1, 2014 to February 28, 2015. Crowding was measured using ED occupancy rate, nurse staffing was measured as total length of stay per nurse and number of patients per nurse and the time duration was measured for the following processes: from patient arrival to prescription, from prescription to blood culture and antibiotic administration, and from blood culture to antibiotic administration. Data collected from the electronic medical records were analyzed using multivariate analyses. **Results:** The mean times from arrival to antibiotics administration, from prescription to antibiotic administration, and from blood culture to antibiotic administration were 128.31, 47.29, and 15.60 minutes, respectively. Crowding, nurse staffing, work experience of the nurse and severity of the patient influenced the time duration of each process from patient arrival to antibiotic administration. **Conclusion:** The results reveal that crowding and nurse staffing affect length of time to antibiotic administration in pneumonia patients. Guidelines for safe nurse staffing in ED are required to improve patient outcomes.

Key Words: Crowding, Staffing, Emergency nursing, Pneumonia, Timeliness

서론

1. 연구의 필요성

응급실 과밀화로 인한 응급실 기능의 저하는 현재 전 세계적 이슈로 1980년대 이후 꾸준히 그 원인과 결과, 해결 방법에 대한 연구가 진행되었다[1]. 응급실 과밀화는 사망률의 증가, 이송 및 치료의 지연 등 돌봄의 질 저하, 진료를 받지 않고 돌아가

는 환자의 수 증가, 그리고 의료비의 증가 등 다양한 부정적 결과와 연관성이 있는 것으로 나타났다[2]. 2006년 미국 응급의 학회는 응급실 과밀화를 “응급실 및 병원의 사용 가능한 자원을 초과하는 응급 서비스를 필요로 하는 상황”이라고 정의하였는데[3] 이러한 개념적 정의를 객관적으로 측정하기 위해 기존의 연구들은 다양한 지표를 사용하였으며[4] 이 지표들을 기반으로 다양한 측정도구가 개발되기도 하였다[5,6].

그러나 응급실의 상황이 병원마다 차이가 커 과밀화에 대한

주요어: 과밀화, 간호사 배치수준, 응급 간호, 폐렴, 적시성

Corresponding author: Cho, Sung-Hyun

College of Nursing, Seoul National University, 103 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea.
Tel: +82-2-740-8821, Fax: +82-2-765-4103, E-mail: sunghcho@snu.ac.kr

Received: Oct 10, 2017 | **Revised:** Dec 26, 2017 | **Accepted:** Dec 26, 2017

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

단일한 지표를 적용하기 어려우며 연구에 따라 다양한 결과를 보이는 것으로 나타났다[7]. 또한 응급실에서 근무하는 의료진 또한 응급실의 사용 가능한 자원임에도 불구하고 선행연구들에서 응급의료 인력은 고려의 대상이 되지 않는 경우가 많았다[4-7]. 응급실은 내원 환자를 예상하기 어렵고 재실 환자 수나 중증도의 변동이 커 과밀화에 따라 응급 의료 인력의 작업량이 크게 변화할 수밖에 없는 특성을 가진다[8]. 특히 간호사는 병원 인력 중 가장 높은 비중을 차지하며 의료 서비스의 질 및 환자 결과에 직접적인 영향을 미침에도 불구하고 인력 자원을 포함한 소수의 기존 연구들조차 대부분 당직 전문의 등의 의사 인력만을 고려하였다[6,9,10].

우리나라는 진료 전 대기시간이나 대기실의 개념이 외국과 달라 응급실 접수와 동시에 환자와 간호사 간의 관계가 발생, 관련 업무가 시작된다고 볼 수 있으며 병상 수에 따른 정원의 개념 없이 환자를 진료하는 경우도 많아 응급실 과밀화가 간호사 업무에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 선행연구에 따르면 병원 내 면허 간호사의 수가 증가할수록 입원 환자의 사망률 및 이상 반응의 발생 확률은 낮아지며[11], 응급실 간호사 배치수준이 낮을수록 진료를 받지 않고 돌아가는 환자의 수가 늘어나는 것으로 나타났다[12]. 또한 응급실 과밀화는 투약 오류의 빈도에 부정적 영향을 미친다[13]. 우리나라에서는 매년 보건복지부 주관으로 중앙응급의료센터가 응급의료기관을 평가하면서 응급실 과밀화 및 응급실 전담 간호사 인력의 적절성과 전문성을 각 5단계로 나누어 측정하고 있는데[14,15] 특히 메르스 사태 이후 응급실 과밀화 및 응급의료인력, 그리고 응급의료의 적시성(timeliness)에 대한 문제 제기와 관심이 확대되었다.

응급의료의 적시성을 평가하기 위해 건강보험심사평가원은 급성기 뇌졸중, 폐렴, 허혈성 심장질환 등의 급성 질환을 포함하는 요양급여 적정성 평가를 매년 시행하고 있다[16]. 그 중에서도 폐렴은 우리나라 사망의 10%를 차지하는 질환이며, 이는 전체 사망원인 중 4위로 10년 전에 비해 3배 이상 증가한 결과이다[17]. 또한 병원에 내원한 폐렴 환자에게 4시간 이내에 항생제를 투여하면 30일 이내 사망률이 감소하는 등[18] 초기 항생제 투여 시간이 폐렴 환자의 예후에 중대한 영향을 미치는 것으로 알려져 미국 병원신임위원회(The Joint Commission, TJC)에서도 건강보험심사평가원과 마찬가지로 폐렴 환자에 대한 항생제 투여 전 혈액배양검사를 권고하는 동시에 항생제 투여 전 혈액배양검사 실시율, 병원 도착 후 지정 시간 이내 항생제 투여율 등을 평가지표로 정하고 있다[16,19]. 그 중 급성기 뇌졸중과 허혈성 심장질환은 평가기준과 치료과정의 초점이 의사의 처방 및 시술에 맞추어져 있어 간호사의 응급간호의

적시성을 평가하기에 적절하지 않았다. 그에 반해 폐렴은 항생제 투여 과정에서 간호사의 역할이 필수적이라 할 수 있다. 선행연구에 따르면 응급실 과밀화는 폐렴 환자의 초기 항생제 투여 시간을 지연시켰으며[10,20,21], 특히 내원 시점으로부터 항생제 투여까지의 시간을 직군별로 나누어 분석한 결과 구성요소 중 간호사의 업무만이 유일하게 응급실 과밀화에 영향을 받는 것으로 나타났다[22].

이와 같이 응급실의 과밀화 및 간호사 배치수준이 환자 결과에 영향을 미치는 진료 및 간호 과정과 상관관계가 있음이 보고되었으나[11-13,22] 응급실 과밀화와 간호사 배치수준, 응급간호의 적시성에 대한 통합적인 연구는 여전히 미비한 실정이다. 특히 앞서 설명한 우리나라의 응급실 특성을 고려하였을 때 응급실 간호사 배치수준이 미치는 영향은 외국의 선행연구보다[11-13,22] 더 클 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 응급실 과밀화 및 간호사 배치수준이 간호 수행에 미치는 영향을 통해 환자 결과를 예측하고 응급실 간호사 배치수준의 기초자료를 제공하고자 시행하였다.

2. 연구목적

본 연구는 응급실 과밀화 및 간호사 배치수준이 응급실에 내원한 폐렴 환자의 입실 후 항생제 투여까지 걸리는 시간에 미치는 영향을 조사, 분석하여 적절한 응급실 간호사 배치수준의 중요성과 필요성에 대한 기초자료를 제공하고자 하며 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 응급실을 방문한 폐렴 환자의 입실 시점부터 항생제 투여 시점까지의 각 진료과정 단계별 소요시간을 파악한다.
- 응급실 과밀화와 간호사 배치수준, 환자 중증도와 간호사의 경력이 응급실 폐렴 환자의 진료과정 단계별 소요시간에 미치는 영향을 분석한다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 응급실 과밀화 및 간호사 배치수준이 응급실 환자 간호의 적시성에 미치는 영향을 분석한 후향적 조사연구이다.

2. 연구대상

연구대상은 상급종합병원 1곳의 응급실(지역응급의료센터)

터)에 내원하여 소아청소년과 진료를 받지 않은 만 18세 이상의 환자로, 응급실 내원 시에 주증상이 폐렴이거나 퇴실 시 폐렴으로 진단받은 환자 중 혈액배양검사 후 항생제를 투여 받은 환자이다. 연구대상 응급실은 성인진료구역과 소아진료구역, 응급병동, 그리고 응급중환자실로 구성되어 있으며 본 연구에서는 성인진료구역을 대상으로 하였다. 연구시점 당시 60여개 병상을 운영하였으며 90여명의 전담간호사가 근무하고 있었다. 자료수집기간은 2014년 11월 1일부터 2015년 2월 28일까지 4개월간이었다. 이 기간 동안 총 21,246명의 환자가 응급실에 내원하였고, 그 중 내원 시 주증상이 폐렴이었거나 퇴실 시 폐렴으로 진단받은 환자는 250명이었다. 폐렴 환자 250명 중 연구대상 응급실에서 혈액배양검사를 시행하지 않은 환자(16명), 정맥주사로 항생제를 투여 받지 않은 환자(26명) 및 전산 자료에서 주요정보가 누락된 환자(13명), 입실 후 항생제 투여까지의 진료과정이 Figure 1과 같이 순차적으로 이루어지지 않아 종속변수의 특성이 동질하지 않은 경우(43명), 항생제 처방을 확인한 간호사와 항생제를 투여한 간호사가 달라 간호사 특성이 동질하지 않은 경우(28명) 등 126명을 제외하고 총 124명을 분석 대상으로 선정하였다.

3. 측정변수

응급실 과밀화와 간호사 배치수준은 2016년과 2017년도 응급의료기관 평가 지표를 사용하여 측정하였다[14,15]. 응급실 과밀화는 병상포화지수로 측정하였고, 간호사 배치수준은 두 가지 지표(근무조별 간호사 1인당 환자 재실시간, 근무조별 간

호사 1인당 재실 환자수)로 측정하였다. 폐렴 환자의 입실에서부터 항생제 투여까지의 소요시간을 진료과정에 따라 5가지로 산출하였다. 또한 선행연구에서 응급실 적시성과 질에 영향을 미치는 요인으로 환자와 간호사 요인을 고려하였다[9-11]. 이에 근거하여 본 연구에서도 소요시간에 영향을 미치는 요인으로 환자 측면에서는 환자중증도, 간호사 측면에서는 간호사 근무 경력을 분석하였다.

1) 병상포화지수

응급실 과밀화는 응급의료기관평가의 적시성 평가 기준인 ‘병상포화지수(occupancy rate)’를 사용하였다[14]. 병상포화지수(%)는(내원 환자수×평균 재실시간)/(기준병상수×월별일자수×24시간)으로 계산한다. 입원병동에서 병상이용률 (bed occupancy rate)을 병상 이용일수(병상수×입원진료일수) 대비 총재원일수로 산출하는 것과 유사하게 응급실에서는 재원일수가 아닌 재실시간을 단위로 하여 병상 이용시간(기준 병상수×24시간) 대비 총재실시간을 산출하는 것으로, 응급실 점유율(ED occupancy rate)을 의미한다. 본 연구에서는 병상포화지수를 8시간 간격의 근무조(낮번, 초번, 밤번)를 기준으로 하여 해당 근무조별 전체 환자의 재실시간 총합을 병상 사용시간(기준병상수×8시간)으로 나누어 산출하였다.

2) 간호사 배치수준

간호사 배치수준은 두 가지 변수를 사용하였다. 첫 번째 변수는 근무조별 간호사 1인당 환자 재실시간(total length of stay per nurse)으로 근무조별 모든 재실 환자의 재실시간의

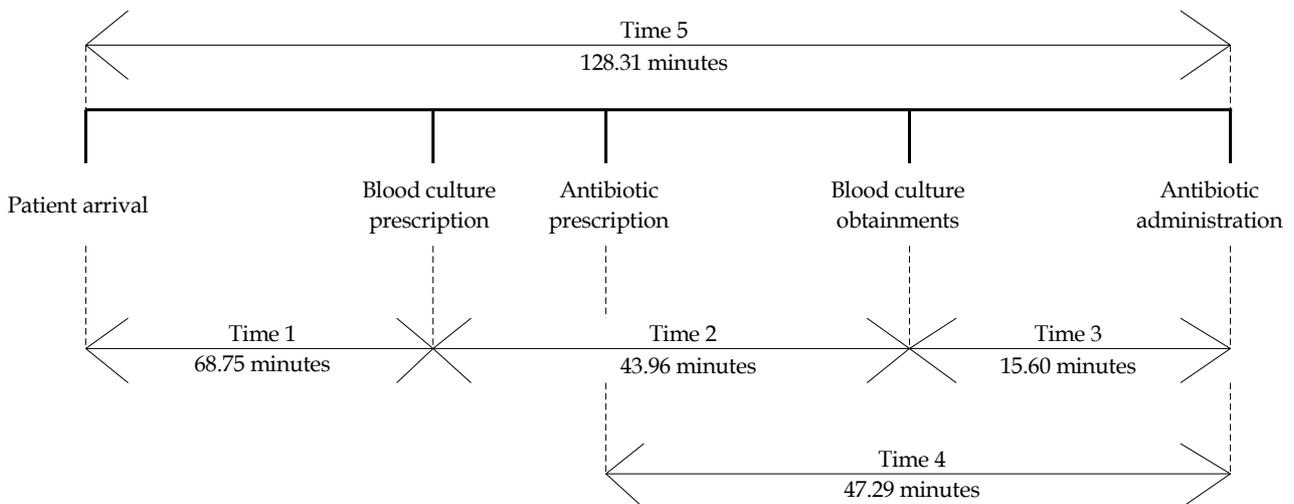


Figure 1. Clinical process and time durations from patient arrival to antibiotic administration in patients with pneumonia.

합을 해당 근무조에 근무한 간호사수로 나눈 값을 의미한다. 이 지표는 응급의료기관평가에서 2016년까지 사용했던 ‘응급실 전담 간호사 인력의 적절성’ 지표[15]를 근무조별 재실시간을 기준으로 계산한 값이다. 간호사가 2개 근무조에 걸쳐 근무했을 경우 근무시간에 근거하여 간호사수를 할당하였다. 예를 들어 간호사가 오전 11시부터 오후 7시까지 근무한 경우, 낮번과 초번 근무 간호사수에 각각 0.5명을 더하였다.

두 번째 변수는 근무조별 간호사 1인당 재실 환자수(number of patients per nurse)로 해당 근무조에 재실한 총 환자수를 해당 근무조 간호사수로 나눈 값이다. 재실 환자수는 해당 근무조 시작 시점에 재실해 있는 환자수와 해당 근무조 동안 새로 입실한 내원 환자수를 합한 값이다. 이 지표는 2017년 응급의료기관평가에서 효과성(전담의료 인력의 적절성) 영역 평가에 사용하는 ‘응급실 전담 간호사 인력의 적절성’ 지표를 활용한 것으로[14], 이를 근무조별 환자수로 계산한 값이다.

3) 간호사 경력

간호사 경력은 항생제 처방을 확인하고 항생제를 투여한 간호사의 해당 병원 근무년수를 의미한다. 병원 전산자료에서 확인가능한 간호사의 입사년도와 항생제 투여 시점의 차이를 1년 단위로 집계하였다. 응급의료기관평가에서는 ‘전담 간호사의 전문성’ 지표[14]로 응급실 간호사의 총 응급실 경력과 현 기관 응급실 경력을 평가하나, 본 연구에서는 응급실 경력을 파악할 수 없어서 현 병원의 전체 근무경력을 사용하였다.

4) 진료과정 단계별 소요시간

적시성을 주요 진료과정 단계별 소요시간으로 측정하였다. 폐렴 환자의 진료과정에 영향을 미치는 의료 인력이 간호사 또는 간호사가 아닌 응급실 인력으로 나누어지므로 Figure 1에서와 같이 진료과정을 5가지 시점, 즉 환자 입실→주치의의 혈액배양 검사 처방→주치의의 항생제 처방→간호사가 아닌 응급실 인력의 혈액배양검사 시행→간호사의 항생제 투여로 구분하였다. 각 시각은 전자의무기록에 저장된 내용을 기준으로 측정하였다. 환자 내원시간은 환자가 응급실에 접수한 시각, 주치의가 혈액배양검사와 항생제를 처방한 시각은 처방을 전산에 입력한 시각, 혈액배양검사 시행과 항생제 투여는 검사와 투여 후 기록한 시각을 의미한다. 이러한 진료과정에 따라 소요시간을 다음과 같이 5가지(Time 1~Time 5)로 측정하였다.

- Time 1(환자 입실-혈액배양검사 처방): 환자가 응급실에 접수한 시점부터 주치의가 혈액배양 검사를 처방한 시점까지 걸린 시간이다.

- Time 2(혈액배양검사 처방-혈액배양검사 시행): 주치의가 혈액배양검사 처방을 입력한 시점부터 간호사 외 인력이 혈액배양검사를 위해 검체용 혈액을 채취하고 기록한 시점까지 걸린 시간이다.
- Time 3(혈액배양검사 시행-항생제 투여): 간호사가 아닌 응급실 인력이 혈액배양검사를 위한 검체용 혈액 채취 후 기록한 시점부터 간호사가 항생제를 투여한 후 기록할 때까지 걸린 시간으로, 간호사가 단독으로 응급간호행위를 수행하는데 소요된 시간이다.
- Time 4(항생제 처방-항생제 투여): 주치의가 항생제 처방을 입력한 시점부터 간호사가 항생제 투여 후 기록할 때까지 걸린 시간이다. 간호사 외 인력의 혈액배양검사 시행 시간 일부와 간호사의 응급간호행위인 항생제 투여 시간을 포함한다.
- Time 5(환자 입실-항생제 투여): 환자 응급실 접수부터 간호사의 항생제 투여 후 기록까지 걸린 시간으로 간호사의 예진, 주치의의 초진 및 처방, 간호사의 처방 확인 및 환자 사정, 간호사 외 인력의 혈액배양검사 시행, 그리고 간호사의 항생제 투여 시간을 포함한다.

5) 환자중증도

본 연구에서는 연구대상병원 응급실에서 사용하고 있는 환자중증도 분류(emergency severity index)를 이용하여 환자의 중증도를 5단계(1등급~5등급)로 구분하였다. 연구대상병원 응급실에서 사용한 환자중증도 분류는 1998년 미국에서 처음 개발된 이후 전 세계적으로 사용되고 있는 분류 도구[23]를 해당 병원의 실정에 맞게 수정한 것으로, 1등급은 생명이 위독하여 즉각적인 응급처치가 필요한 상태를 말하며 5등급은 비응급 환자로 검사 없이 단순 처치가 예상되는 상태를 말한다.

4. 자료수집

본 연구는 의무기록을 이용한 후향적 연구로 연구대상병원의 임상연구윤리위원회에 연구계획서, 연구자 서약서, 증례기록서를 제출한 뒤 승인을 받아 시행하였다(IRB No.2015-12-150-001). 증례기록서는 연구대상자를 특정할 수 있는 정보를 삭제한 뒤 일반적 특성 및 분석 자료를 정리할 수 있도록 작성하였다. 임상연구윤리위원회의 승인 후, 연구대상기간 동안 응급실에 내원한 연구대상자들의 전자의무기록을 의무기록실을 통하여 증례기록서 양식에 따라 개인정보를 모두 삭제한 후 수집하였다.

5. 자료분석

수집된 자료는 통계 패키지 프로그램(SAS ver. 9.4)을 이용하여 분석하였다. 환자 특성 및 간호사 배치수준 등은 실수와 백분율 혹은 평균과 표준편차를 계산하였다. 항생제 투여 시점까지의 단계별 소요시간은 환자중증도 및 근무조별로 평균과 표준편차를 제시하였다. 분석 모형과 방법을 결정하기 위해 종속변수의 정규성 검정은 Shapiro-Wilk test를 사용하고, 독립변수의 다중공선성(VIF) 및 상관관계(Pearson correlation coefficient)를 산출하였다. Shapiro-Wilk test 결과 종속변수인 검사시행-항생제투여 시간($p < .001$), 항생제처방-항생제투여 시간($p < .001$), 입실-항생제투여 시간($p < .001$) 모두 정규성을 만족하지 않았고 정규화가 어려워 일반화 선형 모형(generalized linear model)을 기반으로 하였다. 또한 동일한 간호사가 2명 이상의 환자에게 항생제를 투여한 경우가 있어 간호사경력 이외에 다른 개인 특성이 소요시간에 영향을 미칠 것을 고려하여 혼합효과분석(mixed effect model)을 시행하였다.

연구결과

1. 환자 및 간호사 특성

폐렴 환자 124명의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 남성(58.9%)이 여성(41.1%)보다 많았으며 평균 연령은 68.2세였

다. 환자중증도 분류에서는 중증도가 가장 높은 1등급 환자가 13.7%를 차지하였고 3등급에 해당하는 환자가 73.4%로 가장 많았으며, 4, 5등급에 해당하는 환자는 없었다. 환자가 항생제 투여를 받은 근무조는 낮번(44.8%), 초번(39.0%), 밤번(16.2%) 순이었다. 해당 진료과는 호흡기내과(46.8%)와 응급의학과(41.1%)가 대부분을 차지하였다. 폐렴 환자의 내원에서 퇴실까지의 응급실 평균 체류시간은 18.17시간이었다. 환자에게 항생제를 투여한 간호사는 총 60명으로 이들의 현 병원 근무경력 평균 3.42년이었다.

2. 응급실 과밀화 및 간호사 배치수준

환자 124명이 항생제를 투여 받은 해당 근무조는 105개로, 동일한 근무조에서 2명 이상의 환자가 항생제를 투여 받은 경우가 있었다(Table 2). 105개 근무조를 분석했을 때, 근무조별로 평균 65.90명이 응급실에 내원하고 61.50명이 퇴실한 것으로 나타났다. 내원 환자수는 낮번(81.04명)에서 가장 많았고, 퇴실 환자수는 초번(88.00명)에서 가장 많았다. 재원 환자수는 평균 141.38명으로, 초번(154.39명) 때 가장 많았다. 근무조별 총 재실시간은 평균 622.87시간으로, 낮번(651.87시간) 때 가장 길었다. 근무조별 환자 1인당 재실시간은 평균 4.43시간으로, 밤번(5.43시간)에서 가장 길었다. 근무조별 간호사는 평균 13.54명으로, 초번(14.62명) 근무 간호사가 낮번과 밤번 간호사보다 1.8명 더 많았다.

응급실 과밀화 지표인 병상포화지수는 평균 164.02%였으

Table 1. Patient and Nurse Characteristics

Variables	Characteristics	Categories	n (%) or M±SD
Patients (N=124)	Gender	Female	51 (41.1)
		Male	73 (58.9)
	Age (year)		68.2±15.2
	Emergency Severity Index	Level 1	17 (13.7)
		Level 2	16 (12.9)
		Level 3	91 (73.4)
	Shift when antibiotic being administered	Day	47 (44.8)
		Evening	41 (39.0)
		Night	17 (16.2)
	Medical specialty	Respiratory	58 (46.8)
Emergency		51 (41.1)	
Other		15 (12.1)	
	Length of stay per patient visit (hour)		18.17±20.42
Nurses (N=60)	Work experience in the current hospital (year)		3.42±3.47

며, 초번의 병상포화지수(170.80%)가 가장 높았다. 간호사 배치수준의 첫 번째 지표인 근무조별 간호사 1인당 재원시간은 평균 46.02시간이었으며, 낮번(50.50시간)에 가장 길었다. 두 번째 지표인 근무조별 간호사 1인당 환자 수는 평균 10.43명으로, 낮번(11.30명)이 가장 많고 밤번(7.80명)이 가장 적었다.

3. 폐렴 환자의 진료과정 단계별 소요시간

폐렴 환자의 진료과정 단계별 평균 소요시간은 Figure 1에 서와 같이 5가지(Time 1~Time 5)로 구분하여 분석하였다. 입실에서 혈액배양검사 처방까지 걸린 시간(Time 1)은 평균 68.75분이었으며, 혈액배양검사 처방에서 검사 시행(Time 2)까지는 43.96분이 소요되었다. 혈액배양검사 시행에서 항생제 투여(Time 3)까지는 15.60분이 걸렸다. 항생제 처방에서 항생제 투여(Time 4)까지는 47.29분이 소요되었다. 입실에서 항생

제 투여(Time 5)까지 소요된 총 시간은 평균 128.31분이었다.

4. 환자중증도별 소요시간

환자중증도에 따른 진료과정 단계별 소요시간은 Table 3과 같다. 먼저 환자중증도별로 소요시간을 분석한 결과, 입실에서 검사 처방까지 걸리는 시간(Time 1)은 1등급 환자가 55.12분으로 가장 짧았고, 2등급 환자가 79.06분으로 가장 길었다. 혈액배양검사 처방에서 검사 시행, 혈액배양검사 시행 후 항생제 투여, 항생제 처방에서 항생제 투여까지 3가지 소요시간(Time 2~Time 4)은 2등급 환자가 가장 짧았다. 반면 중양값에서는 모든 단계에서 1등급 환자가 가장 소요시간이 적거나(Time 1, 2, 4, 5) 2등급 환자와 거의 차이가 나지 않았다(Time 3). 반면 3등급 환자는 모든 단계(Time 1~Time 5)의 중양값에서 가장 긴 시간이 소요되었으며, 평균값에서는 혈액배양검사 시행 후 항

Table 2. Emergency Department Crowding and Nurse Staffing on 105 Shifts

Variables	Day shift	Evening shift	Night shift	Overall
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD
Number of patient visits during shift	81.04±13.49	62.51±15.52	32.18±5.34	65.90±21.71
Number of discharges during shift	48.15±12.12	88.00±15.74	34.53±5.61	61.50±25.33
Number of patients during shift	144.98±19.37	154.39±21.28	100.06±15.80	141.38±27.02
Total length of stay per shift (hour)	651.87±138.45	619.48±130.38	550.83±130.68	622.87±137.38
Average length of stay per shift (hour)*	4.46±0.55	3.98±0.48	5.43±0.57	4.43±0.72
Number of nurses worked on shift	12.85±1.00	14.62±0.86	12.82±0.39	13.54±1.23
Crowding				
Emergency department occupancy rate (%) [†]	167.00±36.78	170.80±37.24	136.33±31.57	164.02±37.35
Nurse staffing				
Total length of stay per nurse (hour) [‡]	50.50±8.86	42.16±7.62	42.95±10.03	46.02±9.43
Number of patients per nurse [§]	11.30±1.39	10.53±1.12	7.80±1.21	10.43±1.74

*Total length of stay per shift/number of patients during shift; [†]Total length of stay per shift/ (number of beds × 8 hours); [‡]Total length of stay per shift/number of nurses worked on shift; [§]Number of patients during shift/number of nurses worked on shift.

Table 3. Time Durations From Patient Arrival to Antibiotic Administration by Emergency Severity Index

(N=124)

Variables	Time 1		Time 2		Time 3		Time 4		Time 5	
	Arrival to blood culture prescription		Blood culture prescription to obtainments		Blood culture obtainments to antibiotic administration		Antibiotic prescription to administration		Arrival to antibiotic administration	
	M±SD	Median	M±SD	Median	M±SD	Median	M±SD	Median	M±SD	Median
Severity										
Level 1	55.12±52.13	13	39.06±23.45	33	17.76±21.00	9	45.88±26.87	35	72.94±32.69	74
Level 2	79.06±79.24	41	37.31±16.76	36	11.88±11.94	8.5	43.06±16.34	41.5	93.13±35.36	89
Level 3	69.48±112.43	31	46.04±30.12	38	15.85±19.13	10	48.30±28.85	44	144.84±106.85	114
Overall	68.75±102.02	30	43.96±27.98	36	15.60±18.58	9.5	47.29±21.18	43.5	128.31±97.12	103

생제 투여(Time 3)를 제외한 다른 4가지 소요시간(Time 1, 2, 4, 5) 가장 긴 것으로 나타났다. 최종적으로 입실에서 항생제 투여까지의 소요시간(Time 5)은 1등급, 2등급, 3등급으로 갈수록 소요시간이 길어졌다. 3등급 환자(144.84분)는 1등급(72.94분) 환자에 비해 평균 약 2배의 시간이 소요되었다.

5. 응급실 과밀화와 간호사 배치수준이 진료과정 단계별 소요시간에 미치는 영향

각 변수에 대하여 정규성 검정 및 다중공선성, 상관관계 분석 결과를 토대로 응급실 과밀화와 간호사 배치수준에 따른 소요 시간을 일반화 선형모형으로 분석하였다(Table 4). 응급실 과밀화(병상포화지수)와 간호사 배치수준(간호사 1인당 재실시간, 간호사 1인당 환자수)의 상관관계를 분석한 결과, 병상포화지수와 간호사 1인당 재실시간 간의 상관계수는 .84 ($p < .001$), 병상포화지수와 간호사 1인당 환자수 간의 상관계수는 .59 ($p < .001$), 간호사 1인당 재실시간과 간호사 1인당 환자수 간의 상관계수는 .63 ($p < .001$)이었다. 이들 3개 변수 간의 높은 상관관계를 고려하여 각각의 변수를 포함하는 3개의 회귀모형을 설정하였다. 또한 종속변수로는 5가지 소요시간 중에서 간호사 배치수준과 관련성이 높을 것으로 판단한 3가지 소요시간(Time 3~Time 5)을 회귀분석에 포함시켰다.

첫 번째 모델(Model 1)은 독립변수에 병상포화지수를 포함한 것으로, 병상포화지수가 1% 증가할 때마다 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3) 소요시간은 0.11분($p = .017$), 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 시간은 0.16분($p = .016$) 증가하는 것으로 나타났다. 간호사 경력은 1년 증가할 때마다 Time 3과 Time 4가 각각 1.21분($p = .020$), 1.54분($p = .043$) 감소하였다. 병상포화지수와 간호사 경력은 환자 입실-항생제 투여(Time 5)와는 유의한 관계를 보이지 않았다. 반면 환자중증도는 환자 입실-항생제 투여(Time 5)에서만 유의한 관계를 보였다. 3등급 환자에 비해 1등급 환자는 70.92분($p = .006$), 2등급 환자는 54.81분($p = .033$)이 적게 걸린 것으로 나타났다.

두 번째 모델(Model 2)은 독립변수에 근무조별 간호사 1인당 환자 재실시간을 포함한 것으로, 근무조별 간호사 1인당 환자 재실시간은 3가지 소요시간과 모두 유의한 관계를 보였다. 간호사 1인당 환자 재실시간이 1시간 증가할 때마다 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3) 소요시간은 0.26분($p = .045$), 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간은 0.46분($p = .042$), 환자 입실-항생제 투여(Time 5) 소요시간은 1.18분($p = .020$) 증가하였다. 간호사 경력은 1년 증가할 때마다 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3)와 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간이 각각 1.15분($p = .029$) 및 1.45분($p = .036$)씩 감소하였다. 환자중증도는 첫 번째 모델과 마찬가지로 환자 입실-항생

Table 4. Factors related to Time Durations From Patient Arrival to Antibiotic Administration

Variables	Time 3		Time 4		Time 5		
	Blood culture obtainments to antibiotic administration		Antibiotic prescription to administration		Arrival to antibiotic administration		
	Coefficient	p	Coefficient	p	Coefficient	p	
Model 1	Emergency department occupancy rate (%)	0.11	.017	0.16	.016	0.34	.146
	Work experience of the nurse (year)	-1.21	.020	-1.54	.043	2.38	.371
	Emergency Severity Index (vs. Level 3)						
	Level 1	5.65	.250	2.67	.711	-70.92	.006
Level 2	-5.22	.289	-7.04	.331	-54.81	.033	
Model 2	Total length of stay per nurse (hour)	0.26	.045	0.46	.042	1.18	.020
	Work experience of the nurse (year)	-1.15	.029	-1.45	.036	2.58	.333
	Emergency Severity Index (vs. Level 3)						
	Level 1	5.00	.335	2.02	.766	-71.45	.006
Level 2	-4.82	.317	-6.67	.336	-54.59	.034	
Model 3	Number of patients per nurse	0.82	.396	2.18	.043	-0.97	.846
	Work experience of the nurse (year)	-1.17	.027	-1.50	.032	2.54	.344
	Emergency Severity Index (vs. Level 3)						
	Level 1	4.30	.366	1.10	.880	-74.71	.003
Level 2	-4.54	.388	-6.54	.374	-50.89	.049	

제 투여(Time 5) 소요시간에서만 유의한 관계를 보였다.

세 번째 모델(Model 3)은 근무조별 간호사 1인당 환자수를 포함한 것으로, 근무조별 간호사 1인당 환자수가 1명 증가할 때마다 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 시간이 2.18분($p=.043$) 증가하였다. 그러나 나머지 2개 소요시간에서는 유의한 관계를 보이지 않았다. 간호사 경력은 Model 1과 Model 2 결과와 일관성 있게 경력 1년 증가할 때마다 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3)와 항생제 처방-항생제 투여(Time 4)가 각 1.17분($p=.027$) 및 1.50분($p=.032$)씩 감소하였다. 환자중증도는 Model 1과 Model 2에서처럼 환자 입실-항생제 투여(Time 5)에서만 유의한 관계를 보였다.

는 의

본 연구의 대상자들은 평균 68.2세로 노인 환자가 많았으며, 5단계의 중증도 평가 단계 중 상대적으로 응급도가 낮은 3등급의 환자들이 긴급 및 응급에 해당하는 1등급 및 2등급의 환자들보다 3배 이상 많은 것으로 나타났다. 또 대상자들은 평균 18시간 이상 응급실에 머물렀는데 이는 선행연구에 비해 2배 이상 높은 수준이었다[10,20-22]. 다양한 기저질환을 가진 고령 환자 및 비응급 환자의 증가 및 응급실 체류시간의 증가는 응급실 과밀화의 주된 원인이자 결과로 지적되고 있어[7], 연구대상 병원 응급실의 과밀화가 심각한 수준임을 나타냈다. 연구대상 병원의 과밀화는 과밀화 지표(병상포화지수)가 평균 164%인 것에서도 확인할 수 있는데, 이는 2015년 전국 응급실 병상포화지수 상위 20%의 평균인 107%[24]에 비해 매우 높은 수준이며 전년도 대비 감소율을 고려하지 않는 경우 2017년 응급의료기관평가 ‘병상포화지수’ 1~5등급[14]에서도 최하위 등급인 5등급(140% 이상)에 해당한다.

응급실 간호사 배치수준을 분석했을 때, 근무조별로 간호사 1인당 평균 10명의 환자를 담당하고 있었다. 이는 응급실이 아닌 입원 환자를 기준으로 간호사 배치수준을 산정한 우리나라의 의료법 시행규칙과 비교하면 비슷한 수준이나[25,26], 법적으로 응급실 간호사 대 환자수를 명시한 미국 캘리포니아 주(1:4)나 호주 빅토리아 주(1:3) 등에 비하면 간호사 1인당 환자수가 매우 많은 것으로 나타났다[27, 28]. 근무조 평균 내원 환자수(65.90명) 및 근무 간호사수(13.54명)가 1년간 동일하다고 가정했을 때, 이를 2017년 응급의료기관평가 ‘응급실 전담 간호사 인력 적절성’ 지표 산출방식[14]에 따라 계산하면(내원 환자수/평균 간호사수) 약 1,700명으로 적절성 수준 1~5등급 중 하위 등급에 속하는 4등급(1,500명 초과 1,800명 이하)에 해당

한다. 또 다른 간호사 배치수준 지표인 간호사 1인당 환자 재실 시간은 평균 46.02시간이었다. 이 또한 1년간 동일하다고 가정하고 2016년 응급의료기관평가 ‘응급실 전담 간호사 인력 적절성’ 지표 산출방식[15]에 따라 계산하면($((\text{총 환자수} \times \text{응급실 평균 재실시간}) / \text{근무 간호사수})$) 연간 약 17,000시간으로, 중간 등급인 3등급(6,000시간 초과 20,000시간 이하)에 해당한다. 즉, 연구대상병원 응급실의 과밀화는 심각한 수준이었고, 간호사 배치수준 또한 하위 또는 중간 등급으로 나타났다.

본 연구에서는 응급실 환자간호의 적시성을 폐렴 환자의 진료과정별 소요시간으로 평가하였다. 폐렴 환자가 응급실에 입실하여 항생제를 투여 받을 때까지 걸린 시간은 평균 2시간 8분으로 건강보험심사평가원의 요양급여 적정성평가 기준인 8시간 이내 항생제 투여율(97%)과 미국 병원신임위원회의 기준인 항생제 투여 중앙값 4시간 이내(1시간 43분)를 대체로 만족하는 것으로 나타나[16,19], 응급실 과밀화와 항생제 투여 적시성에 대한 기존의 선행연구의 결과보다 높은 충족률을 보였다 [10,18,20-22]. 비록 응급간호의 적시성에 대한 국내외의 선행연구가 미비하여 연구결과와의 비교에 한계가 있으나 이는 연구대상 응급실이 재실 환자가 많은 시간대에 유동적으로 근무하는 간호사 인력을 추가 운용하는 등 간호사 배치수준을 대체로 일정한 범위 내에서 유지하기 위해 노력하고 있기 때문으로 판단된다.

폐렴 환자의 입실 후 항생제 투여까지 걸린 전체 시간 중 입실 후 주치의의 혈액배양검사 처방(Time 1)까지가 53.6%, 혈액배양검사 처방 후 검사 시행(Time 2)까지가 34.3%를 차지하였으며 이는 선행연구와 유사한 한 수준인 것으로 나타났다 [22]. 그러나 선행연구에서 혈액배양검사와 항생제 투여 과정이 모두 간호사를 통해 동시 다발적으로 이루어지는 것에 반해, 본 연구에서는 행위 주체가 간호사가 아닌 응급실인력과 간호사로 나뉘어져 있었다. 주로 혈액배양검사를 시행하는 행위 주체는 의사(인턴)로, 이들은 매달 진료과를 옮겨 다니며 소수의 근무자가 응급실 전체에서 발생하는 업무를 처리한다. 따라서 개인별 업무량이 많고 숙기의 숙련도에 차이가 있다. 실제로 가장 응급도가 높은 환자(1등급)는 상대적으로 비응급한 환자(3등급)에 비해 입실 후 평균 14.4분 빠르게 혈액배양검사 처방(Time 1)을 받은 반면, 혈액배양검사 처방-검사 시행(Time 2) 시간, 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3) 시간 및 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 시간에서는 차이가 크지 않거나 역전된 관계를 나타냈다. 이는 환자 중증도가 높을 때 주치의는 우선적·집중적으로 해당 환자를 진료하고 처방할 수 있으나 간호사와 의사는 항생제 투여와 관련한 업무 외에도 해당 환자

에게 수행해야 할 업무의 양과 종류가 비응급 환자에 비해 상대적으로 많아지기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 간호사 배치수준을 높이거나 응급전문간호사 인력을 활용하여 혈액배양검사를 항생제 투여와 함께 처리하면 업무의 연속성을 증가시키고 항생제 투여에 소요되는 시간을 좀 더 단축하는데 도움이 될 것이다.

본 연구를 통해 응급실 과밀화와 간호사 배치수준이 폐렴 환자의 진료과정 단계별 소요시간과 유의한 관계가 있음을 확인하였다. 병상포화지수가 1% 증가할 때마다 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3)와 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간은 각각 0.11분, 0.16분씩 증가하였다. 이는 해당 응급실 평균 병상포화지수 164%가 100%로 감소하면 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3) 소요시간이 7.04분 감소하여 평균 15.60분에서 8.56분으로 단축될 수 있음을 의미한다. 마찬가지로 병상포화지수 164%가 100%로 감소하면 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간이 10.24분 감소하여 평균 47.29분에서 37.05분으로 단축될 수 있다. 그러나 환자 입실에서 항생제 투여(Time 5) 소요시간은 과밀화가 아닌 환자중증도에 영향을 받는 것으로 나타났다.

간호사 배치수준 두 가지 지표 중에서 간호사 1인당 재실시간은 3가지 소요시간과 모두 유의한 관계를 보인 반면, 간호사 1인당 환자수는 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간에서만 유의한 관계를 보였다. 병상포화지수와 간호사 배치수준 두 가지 지표 중에서 간호사 1인당 재실시간만이 환자 입실-항생제 투여(Time 5)와 유의한 관련성을 보였다. 이는 환자 재실시간이 간호사 업무량을 보다 정확히 반영하고 응급의료서비스의 적시성에 영향을 주고 있음을 시사한다. 실제로 응급실 진료대기시간, 체류시간, 입원대기시간 등은 응급실 과밀화의 원인이자 결과이며, 최근의 선행연구들은 내원 환자수의 증가보다 퇴실 환자수의 감소, 즉 응급실 체류의 장기화를 응급실 과밀화의 주된 원인으로 꼽고 있다[7]. 본 연구결과에 근거했을 때, 근무조별 간호사 1인당 재실시간이 평균 46시간에서 23시간으로 50% 감소하면 혈액배양검사 시행-항생제 투여(Time 3) 시간과 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 시간이 각각 5.98분, 10.58분씩 감소한다. 환자 입실에서 항생제 투여(Time 5) 소요시간도 27.14분 감소하여 평균 128.31분에서 101.17분으로 단축될 수 있다. 또한 간호사 1인당 환자수가 평균 10.43명에서 선진국 수준인 4명으로 감소할 경우, 항생제 처방-항생제 투여(Time 4) 소요시간이 14.02분 감소하여 평균 47.29분에서 33.27분으로 단축될 수 있다. 간호사 경력도 소요시간과 유의한 관계를 보였다. 예를 들어 혈액배양검사 시행-항생제 투여

(Time 3) 소요시간의 경우, 병상포화지수를 11% 감소시켰을 때의 소요시간 단축 효과(1.21분)와 간호사 경력이 1년 증가했을 때의 단축 효과가 동일하였다. 이는 응급실 간호사의 이직을 줄여 간호사의 전문성을 높이면 응급실 환자간호의 적시성이 향상될 수 있음을 의미한다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 전자의무기록에 기록된 자료를 후향적으로 분석하였기 때문에 자료의 입력 시점에 발생한 오류가 있을 수 있으며, 혈액배양검사 시행 시점과 항생제 투여 시점은 간호사의 기록에 의존하였으므로 실제 시행 시간과 다소 차이가 있을 수 있다. 둘째, 단일 의료기관 응급실을 대상으로 수행한 연구이므로, 연구결과가 응급실 간호사 배치수준과 간호 수행을 대표한다고 보기 어렵다. 셋째, 본 연구에서는 응급실 과밀화, 응급실 간호사 배치수준, 간호사 경력, 환자 중증도가 항생제 투여과정 단계에 미치는 영향을 분석하였으나 그 외에 간호 수행에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인을 고려하지 못하였다.

결론

본 연구는 응급실 폐렴 환자가 입실해서 항생제를 투여 받을 때까지 걸린 시간을 진료과정 단계별로 분석하고, 응급실 과밀화와 간호사 배치수준이 응급의료서비스의 적시성에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 통해 응급실 과밀화, 간호사 배치수준, 간호사의 경력, 그리고 환자의 중증도가 환자 입실에서 항생제 투여까지의 소요시간과 유의한 관련성이 있음을 확인하였다. 이는 기존 연구에서 미비하였던 응급실 간호사 배치수준과 간호수행 간의 상관관계를 확인하였다는 데에 의의가 있다. 그러나 그 과정에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들을 고려하거나 통제하지 못한 제한점이 있어 후속 연구에서는 응급의료 인력의 구성, 간호전달체계, 간호업무량 및 내용, 응급전문간호사의 활용 등과 같은 부분을 포함하는 것이 필요하다고 판단된다. 간호사 배치수준과 응급간호서비스의 질, 환자결과와의 관련성을 명확히 규명하기 위해서는 다양한 환자군과 응급실을 대상으로 한 후속 연구 또한 필요하다.

REFERENCES

1. Moskop JC, Sklar DP, Geiderman JM, Schears RM, Bookman KJ. Emergency department crowding, Part 1-concept, causes, and moral consequences. *Annals of Emergency Medicine*. 2009; 53(5):605-611.
<https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2008.09.019>

2. Hoot NR, Aronsky D. Systematic review of emergency department crowding: Causes, effects, and solutions. *Annals of Emergency Medicine*. 2008;52(2):126-136.e1. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2008.03.014>
3. Crowding. *Annals of Emergency Medicine*. 2006;47(6):585. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2006.02.025>
4. Hwang U, Richardson LD, Sonuyi TO, Morrison RS. The effect of emergency department crowding on the management of pain in older adults with hip fracture. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2006;54(2):270-275. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2005.00587.x>
5. Boyle A, Abel G, Raut P, Austin R, Dhakshinamoorthy V, Ayyamuthu R, et al. Comparison of the International Crowding Measure in Emergency Departments (ICMED) and the National Emergency Department Overcrowding Score (NEDOCS) to measure emergency department crowding: Pilot study. *Emergency Medicine Journal: EMJ*. 2016;33(5):307-312. <https://doi.org/10.1136/emmermed-2014-203616>
6. Jones SS, Allen TL, Flottemesch TJ, Welch SJ. An independent evaluation of four quantitative emergency department crowding scales. *Academic Emergency Medicine*. 2006;13(11):1204-1211. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2006.05.021>
7. Pines JM, Griffey RT. What We have learned from a decade of ED crowding research. *Academic Emergency Medicine*. 2015; 22(8):985-987. <https://doi.org/10.1111/acem.12716>
8. Korn R, Mansfield M. ED overcrowding: An assessment tool to monitor ED registered nurse workload that accounts for admitted patients residing in the emergency department. *Journal of Emergency Nursing*. 2008;34(5):441-446. <https://doi.org/10.1016/j.jen.2007.06.025>
9. Green LV, Soares J, Giglio JF, Green RA. Using queueing theory to increase the effectiveness of emergency department provider staffing. *Academic Emergency Medicine*. 2006;13(1):61-68. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2005.07.034>
10. Pines JM, Hollander JE, Localio AR, Metlay JP. The association between emergency department crowding and hospital performance on antibiotic timing for pneumonia and percutaneous intervention for myocardial infarction. *Academic Emergency Medicine*. 2006;13(8):873-878. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2006.03.568>
11. Kane RL, Shamlivan TA, Mueller C, Duval S, Wilt TJ. The association of registered nurse staffing levels and patient outcomes: Systematic review and meta-analysis. *Medical Care*. 2007;45(12):1195-1204. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e3181468ca3>
12. Hoxhaj S, Moseley MG, Reese CL. 2004 SAEM Annual Meeting Abstracts. Nurse staffing levels affect the number of emergency department patients who leave without treatment. *Academic Emergency Medicine*. 2004;11(5):459-460.
13. Kulstad EB, Sikka R, Sweis RT, Kelley KM, Rzechula KH. ED overcrowding is associated with an increased frequency of medication errors. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2010;28(3):304-309. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2008.12.014>
14. National Emergency Medical Center (KR). 2017 Guideline for emergency medical institution evaluation [Internet]. National Emergency Medical Center; 2017. [cited September 7, 2017]. Available from: <http://portal.nemc.or.kr/init.do?systemauth=06&sytmidno=29&menuflag=&linkurl=>
15. National Emergency Medical Center (KR). 2016 Guideline for emergency medical institution evaluation [Internet]. National Emergency Medical Center; 2016. [cited May 24, 2017]. Available from: http://portal.nemc.or.kr/init.do?systemauth=06&sytmidno=29&menuflag=1161&linkurl=/board/new_notice_board.do
16. Health Insurance Review & Assessment Service (KR). 2017 Medical care expenses assessment plan [Internet]. Wonju: Health Insurance Review & Assessment Service; 2017. [cited September 27, 2017]. Available from: <http://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020002000100&brdScnBltno=4&brdBltno=6313>
17. Statistics Korea. Annual report on the cause of death statistics [Internet]. Deajeon: Statistics Korea; 2015. [cited May 24, 2017]. Available from: http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/6/2/index.board
18. Houck PM, Bratzler DW, Nsa W, Ma A, Bartlett JG. Timing of antibiotic administration and outcomes for Medicare patients hospitalized with community-acquired pneumonia. *Archives of Internal Medicine*. 2004;164(6):637-644. <https://doi.org/10.1001/archinte.164.6.637>
19. The Joint Commission. Specifications manual for Joint Commission National Quality Core Measures(2010A1) [Internet]. Illinois: The Joint Commission; 2010. [cited May 24, 2017]. Available from: <https://manual.jointcommission.org/releases/archive/TJC2010B/Pneumonia.html>
20. Fee C, Weber EJ, Maak CA, Bacchetti P. Effect of emergency department crowding on time to antibiotics in patients admitted with community-acquired pneumonia. *Annals of Emergency Medicine*. 2007;50(5):501-509,509.e1. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2007.08.003>
21. Pines JM, Localio AR, Hollander JE, Baxt WG, Lee H, Phillips C, et al. The impact of emergency department crowding measures on time to antibiotics for patients with community-acquired pneumonia. *Annals of Emergency Medicine*. 2007;50(5): 510-516. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2007.07.021>
22. Fee C, Weber EJ, Bacchetti P, Maak CA. Effect of emergency department crowding on pneumonia admission care components. *The American Journal of Managed Care*. 2011;17(4):269-278.

23. Wuerz RC, Milne LW, Eitel DR, Travers D, Gilboy N. Reliability and validity of a new five-level triage instrument. *Academic Emergency Medicine*. 2000;7(3):236-242.
<https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2000.tb01066.x>
24. Ministry of Health and Welfare (KR). 2015 emergency department evaluation [Internet]. Sejong: Ministry of Health and Welfare. 2015. [cited September 22, 2017]. Available from: http://www.mohw.go.kr/front_new/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&CONT_SEQ=330291&page=1.
25. Ministry of Health and Welfare (KR). Enforcement Rule of The Medical Service Act. Ordinance of the Ministry of Health and Welfare No. 484, March 7, 2017
26. Ministry of Health and Welfare (KR). Health Insurance Act Salary · Non-salary list table and salary relative value score. Ministry of Health and Welfare Notice No. 2017-59, March 29, 2017.
27. California. AB-394 Health facilities: Nursing staff. Assembly Bill No. 394 Chapter 945. An act to add Section 2725.3 to the Business and Professions Code, and to add Section 1276.4 to the Health and Safety Code, relating to health care.
28. Victoria, Australia. Safe Patient Care (Nurse to Patient and Midwife to Patient Ratios) Act 2015. No. 51 of 2015, Assented to 13 October 2015.