

종합병원 응급실 대상의 맞춤형 과밀도 지표 개발

연세대학교 공과대학 정보산업공학과, 연세대학교 의과대학 응급의학교실¹

고종명 · 손지훈 · 안용덕 · 이기현 · 양승환 · 김승호¹ · 박유석¹ · 이영훈

The Development of Customized Overcrowding Index for an Emergency Department

Jong Myoung Ko, Ji Hun Son, Yong Deok Ahn, Kee Heon Lee, Seung Whan Yang, Seung Ho Kim, M.D.¹, Yu-Suk Park, M.D.¹, Young Hoon Lee

Purpose: Emergency department (ED) overcrowding results in loss in timely, effective medical care, as well as in social and economical efficiency. This paper proposes a new overcrowding index to reduce and to prevent these losses.

Methods: We investigated the real-time situation of the emergency department in a major Korean hospital, compared to existing indices and to extracted factors to develop a new, customized overcrowding index based on the flow of patients, a reflection of emergency room conditions. We developed 3 indices, FFOI (Front Flow Overcrowding Index), BFOI (Back Flow Overcrowding Index), and TFOI (Total Flow Overcrowding Index). Each index was applied to test the period from 10 September 2007 to 16 September 2007. We extracted values of each index at 3-hour intervals and estimated how they reflected the overcrowding situation compared with basic overcrowding indices. We used the correlation coefficient and Kullback-Leibler (KL) distance as the basis for measurement.

Results: Existing indices are emergency department work index (EDWIN), national emergency department overcrowding scale (NEDOCS), and real-time emergency analysis of demand indicator (READI) work score (WS). EDWIN and READI did not reflect accurately the over-

crowding situation. Some factors extracted from NEDOCS and WS were not suited to the emergency department. We solved these problems by develop in new indices.

Conclusion: In conclusion, the new indices are more effective and descriptive than the existing indices with respect to correlation to crowdedness in the emergency department. In the future, the new, customized overcrowding index will become more descriptive if the necessary data is gathered in real time and more effectively verified by the medical staffs and patients.

Key Words: Emergency medical services, Crowding, Patients

Department of Information and Industrial Engineering, College of Engineering, Yonsei University, Emergency Medicine, College of Medicine, Yonsei University¹

서 론

NHAMCS (National Hospital Ambulatory Medical Care Survey)는 2005년 한 해 동안 미국 내 응급 환자를 115,200,000명으로 추정했다¹⁾. 이는 평균 매분 219명의 환자가 응급실을 방문한 것이며, 국민 100명당 39.6번의 응급실 방문을 한 것이다. 국내의 경우에도 2005년 약 750만 명이던 응급환자가 2007년에는 약 840만 명으로 급증하여 2005~2007년을 기준으로 평균 약 800만 명의 응급 환자가 발생했다. 이는 국민의 약 18%가 연간 1회 이상 응급실을 방문하는 것이다. 국내 총 응급 병상 수는 2007년 기준 6,630개이며 따라서 한 병상 당 1년 동안 평균 약 1,267명의 환자를 처리한 것이 된다²⁾.

응급 의료 서비스는 인간의 생명과 직결된 영역이며, 따라서 적절한 서비스의 신속한 제공이 무엇보다도 중요하다. 하지만 매년 증가하는 응급 환자 수와 도착 환자 수의 시간대별 불균형으로 인해 응급실 과밀화가 문제시 되고 있다. 가장 선진적인 응급의료 체계를 가진 미국의 경우에도 오랜 기간 응급실의 과밀화 문제가 심각한 사회적 문제로 제기되었으며, 국내의 경우에도 그 심각성이 인지되고 있다³⁻⁵⁾. 이

책임저자: 고 종 명

서울특별시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 정보산업공학과 기업정보통합연구소
Tel: 02) 2123-7716, Fax: 02) 364-7807
E-mail: jmko@yonsei.ac.kr

접수일: 2009년 2월 19일, 1차 교정일: 2009년 4월 13일

게재승인일: 2009년 7월 8일

처럼 응급실의 과밀화 문제는 국·내외적으로 개별 병원마다 갖는 일반적이고 심각한 문제로 인식되고 있다^{6,7)}. 응급실 과밀화를 해결하기 위한 첫 단계는 응급실 과밀 정도를 정량적으로 판단할 수 있는 지표의 개발이다. 응급실 개선을 위한 응급 시설 및 응급 인력 확충의 노력 역시 과밀화 정도를 정확하게 파악해야 그 효율성을 발휘할 수 있다.

응급실의 과밀도를 측정하기 위해 최근 개발된 대표적인 지표에는 EDWIN (Emergency Department Work Index)⁸⁾, NEDOCS (National Emergency Department Overcrowding Scale)⁹⁾, READI (Real-time Emergency Analysis of Demand Indicator)¹⁰⁾, WS (Work Score)¹¹⁾ 등이 있다. 본 연구에서는 이러한 대표적인 기존 지표들을 구성하는 요소들과 환자가 겪는 진료 흐름상에서 발견되는 추가적인 요소들을 조합하여 한국적 상황에 적합한 응급실 과밀도 지표를 개발하고자 한다. 이를 위해 본 연구자들은 실제 응급실 데이터를 기존의 과밀도 지표들에 적용하여 응급실 과밀 상황과 비교하여 검증하고 기존 지표의 장단점을 분석했으며 결과를 분석하여 중요한 요인들을 추출하였다. 여기서 추출된 중요 요인들을 이용하여 해당 응급실의 과밀도를 모니터링 할 수 있는 설명력 높은 맞춤형 지표를 개발하였다. 또한 연구자들은 개발한 맞춤형 지표의 적용 방안과 편리하게 이용할 수 있는 지표생성기 시안을 제시하였다.

대상과 방법

1. 연구대상

대상 응급실은 47개 인가병상을 가지고 31명의 의사가

2교대, 74명의 간호사가 3교대로 진료업무를 수행하고 있다. 병상은 중환구역, 성인구역, 소아 구역으로 구분되어 배치되어 있다. 응급 환자는 도보 혹은 구급차를 이용해 방문하며 응급의학과와 협진을 거쳐 최종적으로 입원, 퇴원 혹은 전원으로 이어진다. 대상 응급실에서는 체류 환자 수 (NPED: Number of Patients in Emergency Department)와 입원대기 환자 수 (NPW: Number of Patients in Waiting)를 이용하여 과밀 상황을 판단한다. 이들 자료들은 일주일 단위로 특정한 패턴을 보였으며, 4가지의 과밀도 지표들을 검증하기 위한 기준 자료로 2007년 9월 10일(월) 0시부터 9월 16일(일) 오후 9시까지 일주일 동안 3시간 간격으로 추출한 시계열 패턴자료를 이용하였다(Fig. 1). 일반적으로 과밀정도는 요일 기준으로는 금요일에서 일요일까지가 상대적으로 낮았고 시간으로는 오후부터 밤까지 상대적으로 높았다. 하지만 이들 자료들은 어떤 원인들에 의해 과밀상황이 발생하는지에 대한 구체적인 단서를 제공해주지 못한다. 따라서 응급실의 현 상황에 영향을 주는 요소들을 발견하는 것은 과밀상황의 분석과 대비 측면에서 중요하다.

2. 기존 객관적 지표들의 적용 및 분석

본 연구자들은 기존 개발된 대표적인 응급실 과밀도 지표인 EDWIN, NEDOCS, READI, WS가 현 대상 응급실의 실제 상황을 얼마나 잘 반영하는지를 살펴보았다. 이를 위해 각 지표에 기준 자료를 대입하여 NPED와 NPW의 시계열 패턴과의 유사도를 기준으로 각 지표들의 장단점을 분석하고 응급실을 구성하는 여러 가지 정보들 중에서 과밀

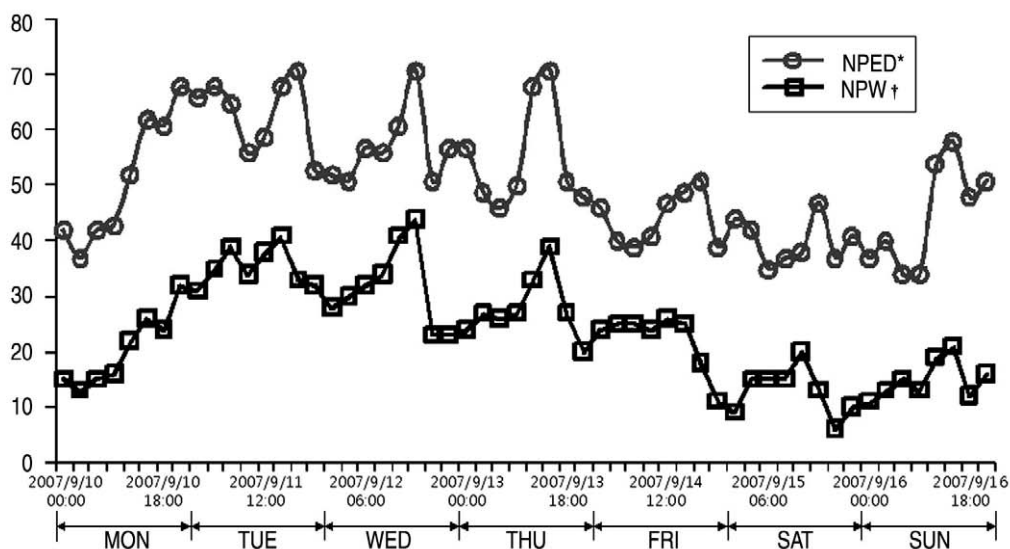


Fig. 1. Weekly pattern of basic overcrowding indices in Emergency department.

* NPED: number of patients in emergency department

† NPW: number of patients in waiting

상태에 영향을 미치는 요소들을 대기시간, 병상가용 여부 및 환자, 그리고 의료진 가용성의 관점에서 정리하였다. 유사도 측정을 위해 Kullback-Leibler (KL) 거리와 상관계수를 이용하였다¹²⁾. KL 거리는 0에 가까울수록 서로 유사도가 높음을 의미한다. 사용된 4가지 지표는 다음과 같다.

$$(1) \text{EDWIN}^* = \sum \frac{n_i t_i}{N_a \times (B_t - P_{board})}$$

*EDWIN: n_i = 입원대기를 제외한 진료 중인 중증도가 i 인 환자 수, t_i = 각 중증도 값(경증:1~중증:5), N_a = 근무 중인 의사 수, B_t = 응급실 병상 수, P_{board} = 입원대기 환자 수
EDWIN의 값이 2를 초과할 경우 과밀 상황으로 간주된다.

$$(2) \text{NEDOCS}^* =$$

$$\frac{P_{bed}}{B_t} \times 85.8 + \frac{P_{admit}}{B_t} \times 600 + W_{time} \times 5.64 + A_{time} \times 0.93 + R_n \times 13.4 - 20$$

*NEDOCS: P_{admit} = 입원 대기 환자 수, B_t = 병원 입원 병상 수, W_{time} = 마지막 환자가 진료 받기까지 대기 시간, A_{time} = 입원 대기 환자 중 가장 오래된 환자의 체류 시간, R_n = 사용 중인 인공호흡기의 수, P_{bed} = 응급실 전체 환자 수, B_t = 응급실 병상 수

NEDOCS의 값이 100을 초과할 경우 과밀 상황으로 간주된다.

$$(3) \text{READI} = (\text{BR}^* + \text{PR}^\dagger) \times \text{AR}^\ddagger$$

$$*BR = (P_{total} + A_{pred} - D_{pred}) / B_t, \dagger AR = \sum n_i t_i / P_{triage}, \ddagger PR = A_{hour} / \sum PPH$$

P_{total} 은 응급실의 환자 수, A_{pred} 는 해당시간대 예상 내원 환자 수, D_{pred} 는 해당시간대 예상 퇴실 환자 수, B_t 는 응급실 병상 수, n_i 는 중증도가 i 인 환자 수, t_i 는 각 중증도 값, P_{triage} 는 각각의 중증도별 환자 수, A_{hour} 은 지난 한 시간 동안 내원 환자 수, PPH 는 의료진의 매 시간 평균 진료환자 수이며 READI는 7을 초과할 경우 과밀 상황을 나타낸다.

$$(4) \text{WS}^* =$$

$$3.23 \times P_{wait} / B_t + 0.097 \times \sum n_i t_i / N_n + 10.92 \times P_{board} / B_t$$

*WS: P_{wait} = 진료접수 대기 환자 수, B_t = 응급실 병상 수, n_i = 진료 중인 중증도가 i 인 환자 수, t_i = 각 중증도 값, N_n = 근무 중인 간호사 수, P_{board} = 입원대기 환자 수

3. 맞춤형 과밀도 지표의 개발 및 활용

새롭게 구성되는 맞춤형 과밀도 지표는 기본 진료 흐름

을 환자가 응급실을 방문하여 접수하기까지, 접수 후 퇴원과 입원까지 그리고 전체 흐름 중심의 3가지 지표들로 구성된다. 맞춤형 지표 역시 실제 기준 자료를 대입하여 응급실의 상황을 얼마나 잘 반영하는지를 검증하였으며, 응급실에서 과밀 상황을 보여주는 NPED와 NPW에 비해서 응급실 내의 의사결정시 어떠한 장점들이 있는지를 분석하였다. 끝으로 본 연구에서는 기존 지표들과 새롭게 개발된 지표들을 실시간으로 제공할 수 있는 응급실 전자 의무기록(EMR: Electronic Medical Record)과 연계된 지표 생성기를 제안하여 응급 의료 서비스의 수준을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하였다.

결 과

1. 기존 과밀도 지표의 대상 응급실 적용 결과

대상 응급실의 데이터를 기존의 4가지 지표에 적용한 결과 상대적으로 NEDOCS, WS가 대상 응급실의 과밀 상황과 높은 유사도를 보였다(Fig. 2). NPED, NPW와의 유사도의 기준으로 삼은 상관관계 및 분포 유사도 측정 결과가 이를 증명한다(Table 1). EDWIN은 수식이 간결하고 과밀 시점을 명확히 보여주고 있지만, 더 이상의 가용병상이 없을 때와 같은 특정 과밀도 이상의 상태를 지표에 반영하지 못했고 객관적 과밀 상황으로 활용된 설문 결과의 특수성을 드러냈다(Fig. 2A). NEDOCS는 다양한 응급실의 검증을 통해 개발된 장점으로 인해 유사도가 높았으나 응급실의 규모에 따른 가중치가 필요하고 최장 입원대기 시간 같은 우연성 높은 요소가 결과에 영향을 준다는 단점이 있다(Fig. 2B). READI는 다양한 관점을 고려하고 있으나, 요일별 지표의 설명력이 떨어졌다(Fig. 2C). 또한 READI를 적용하기 위해서는 예측자료 및 의료진의 능력과 같은 정량화하기 힘든 요소들의 기준이 필요하다. WS는 요일별 분포에서의 유사성은 있지만, 일주일간 패턴은 구분이 잘 되지 않으며, EDWIN과 마찬가지로 특정 과밀도 이상의 수치를 반영하기 어렵다는 단점이 있다(Fig. 2D). 이는 WS 지표 개발에 활용된 객관적 기준과 본 응급실의 객관적 기준간의 차이를 나타낸다. 연구자들은 분석 결과를 바탕으로 새로운 맞춤형 지표를 개발하는데 NEDOCS와 WS의 구성 요소들과 이들 요소들과 관련된 요소들을 진료 프로세스 상에서 추출하여 사용하였다. 특정 요소들이 갖는 기준값은 응급실 과밀 상황에 가장 설명력이 높은 방향으로 설정하였다.

2. 맞춤형 과밀도 지표의 개발 결과

본 연구자들은 과밀도 지표 개발을 위해 3가지 카테고리 로 구분된 구성 요소를 도출하였다(Table 2). 이들 구성

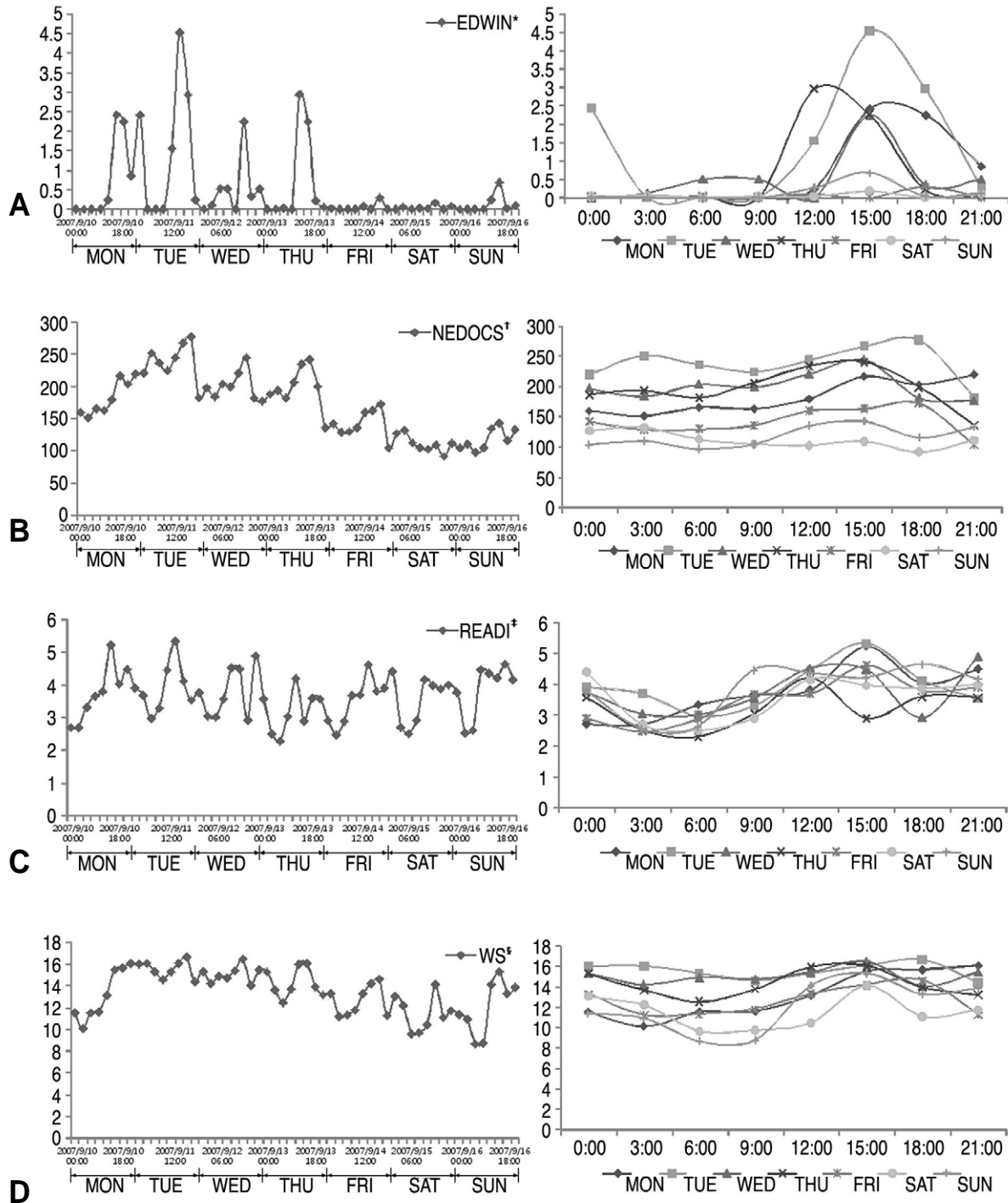


Fig. 2. Results of applying four overcrowding indices to Emergency department.

* EDWIN: emergency department work index

† NEDOCS: national emergency department overcrowding scale

‡ READI: real-time emergency analysis of demand indicator

§ WS: work score

요소들은 응급 의료 프로세스에 필요한 자원 및 가용능력, 그리고 진행 상황을 환자의 관점에서 모니터링 할 수 있는 것들이다. 연구자들은 이들 요소들 중 과밀 상황에 대한 설명력이 작은 요소들을 제거하고 환자가 응급실을 방문하여 입원 혹은 퇴원 등으로 응급실을 떠날 때까지의 흐름(flow)을 중심으로 3가지 과밀도 지표, FFOI, BFOI, TFOI를 개발하였다(Fig. 3). 서로 다른 관점에서 접근하는 3가지 지표는 응급실의 과밀 상황의 발생 측면에서 인과관계가 있다. FFOI와 BFOI는 응급 의료 프로세스 중 집중적으로 개선할 부분에 대한 근거를 보여준다. 또한 현재의 FFOI에서 측정되는 과밀 상황은 가까운 미래에 BFOI로 연계됨을 암시한다. TFOI의 경우에는 단순히 FFOI와 BFOI를 합하는 것이 아닌 전체적인 응급실 자원 활용의 문제점에 대한 근거를 제시할 수 있다.

$$(1) FFOI^* = \sum_{i=1}^{n_1} (mtime - vtime_i) / n_1$$

*FFOI: *mtime* = 지표 측정시간, *n₁* = 접수대기 환자 수, *vtime_i* = 대기 환자의 내원시간

응급실을 방문하는 환자들의 가장 큰 관심사 중 하나는 접수대기 시간이다. FFOI에 의해 시간(hour) 단위로 평균 대기시간을 측정한다.

$$(2) BFOI^* =$$

$$a_2 \sum_{j=1}^l n_{2j} t_j / B_j + a_3 \left\{ \sum_{i=1}^{n_2} \max(mtime - rtime_i - 6, 0) / n'_2 + 6 \right\}$$

*BFOI: *n₂* = 진료 중인 환자 수, *n_{2j}* = 중증도가 *j*인 환자

Table 1. Correlation and KL* distance between NPED[†], NPW[‡] and four overcrowding indices

	Correlation				KL* distance			
	NEDOCS [§]	WS	EDWIN [¶]	READI ^{**}	NEDOCS [§]	WS [¶]	EDWIN [¶]	READI ^{**}
NPED [†]	0.875	0.928	0.681	0.410	0.015	0.004	0.036	1.451
NPW [‡]	0.864	0.724	0.532	0.138	0.033	0.075	0.147	1.363
Average	0.870	0.826	0.607	0.274	0.032	0.040	0.092	1.407

* KL: Kullback Leibler

† NPED: number of patients in emergency department

‡ NPW: number of patients in waiting

§ NEDOCS: national emergency department overcrowding scale

|| WS: work score

¶ EDWIN: emergency department work index

** READI: real-time emergency analysis of demand indicator

Table 2. Factors required to develop customized overcrowding Indices

Category	Factors
Waiting time	Registration waiting time, Admission waiting time, Total length of stay in ED*
Bed and patient	Number of licensed treatment beds, Number of beds in ED*, Number of patients in ED*, Triage of each patient
Emergency staff	Number of physicians and nurses on duty, Number of patients per a physician

* ED: emergency department

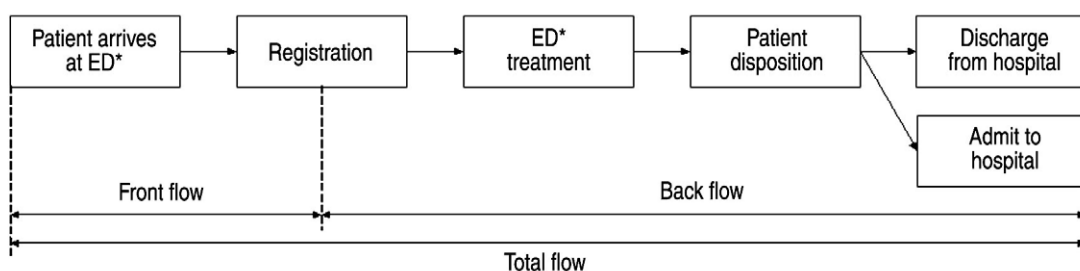


Fig. 3. View of new customized overcrowding Indices.

* ED: emergency department

수, t_j = 총 l 단계로 이루어진 각 중증도 값, n'_2 = 체류시간이 6시간을 넘는 환자 수, $rtime_i$ = i 번째 환자의 접수시간, B_t = 응급실 병상 수, $mtime$ = 지표 측정시간

BFOI는 접수부터 진료를 마치고 입원 혹은 퇴원하기까지 환자의 흐름을 중심으로 작성된 지표이다.

$\sum \max(mtime - rtime_i - 6, 0) / n'_2 + 6$ 은 6시간 이상 체류한 환자들의 평균체류 시간이다. 기준시간인 6시간은 3시간 간격으로 응급실 평균 체류시간의 시계열 데이터를 추출(최소 0시간, 최대 48시간)하여 상관분석을 통해 응급실 상황에 가장 민감하게 반응하는 시간을 선정하였다. 이것은 짧은 체류시간은 응급실 과밀화에 큰 영향을 주지 않음을 보여준다. 이 지표는 ESI (Emergency Severity Index) 체계로 측정된 환자의 중증도, 병상 점유 비율, 응급실 병상 수, 병상 배정 환자의 평균 체류 시간 정보를 구성 요소로 한다³⁾. 수식에서는 기존 NEDOCS에서 사용하는 P_{bed} 를 보완하고 환자의 중증도에 따라 의료진이 느끼는 과밀도가 다름을 고려하여 환자의 중증도를 반영하였다. a_2, a_3 는 각 구성요소에 대한 가중치를 의미하며, NEDOCS 지표에서 사용한 가중치의 비율을 0~10의 범위가 나오도록 조정 한 값, $a_2 = 1.52, a_3 = 0.02$ 를 사용하였다.

$$(3) TFOI^* = P_{wait} / (B_t - P_{board} + 1 + N_a)$$

*TFOI: P_{wait} = 응급실 체류 환자 수, B_t = 응급실 병상 수, P_{board} = 진료 중인 환자 수, N_a = 근무 중인 의사 수

TFOI는 전체 응급진료 프로세스의 흐름에 영향을 주는 중요 요소들만 포함하여 전체적인 과밀도를 가늠할 수 있

는 간결한 지표이다. 중요 요소들은 WS의 각 구성요소가 응급실 과밀 상황과 비례 혹은 반비례하는지를 판단하여 선정하였다. 결과적으로 TFOI는 응급실을 프로세스 관점에서 고려하기에 입력, 출력 그리고 가용 자원 측면에서 응급실의 과밀 상태를 관찰할 수 있다.

3. 맞춤형 지표의 검증 결과

맞춤형 지표가 어느 정도 설명력을 갖는가를 평가하기 위해서 응급실의 기준 자료를 적용하여 응급실 과밀 상황을 관찰하고(Fig. 4), NPED, NPW와의 상관관계와 분포 유사도를 측정하였다(Table 3). FFOI, BFOI, TFOI 각각의 과밀 기준은 NEDOCS의 과밀기준인 100에서 3가지 지표 값이 갖는 값들의 평균으로 구하여 각각 0.3, 4.6, 그리고 2.7로 정하였다.

상관계수 측정결과 BFOI와 TFOI는 응급실 과밀상황에 대하여 평균 약 0.90 정도의 매우 높은 상관관계를 보여 접수 이후의 요인들이 과밀화에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 기존에 연구된 지표들과 비교해서도 BFOI, TFOI는 이들을 대체할 수 있을 정도의 충분한 설명력을 보여주었다. 분포 유사도 평가 결과에서도 BFOI와 TFOI는 NPED, NPW와 매우 높은 분포 유사성(각각 평균, 0.03, 0.05)을 보여 이들 두 기본 지표를 대체하기에 충분함을 확인할 수 있었다. FFOI는 실제 응급실 과밀상황 차이(Time lag)가 존재하기 때문에 단순한 상관분석으로는 좋은 결과가 도출되지 못했다. 하지만 BFOI에서 과밀도가 높게 도출된 시점보다 FFOI에서 도출된 시점이 앞서는

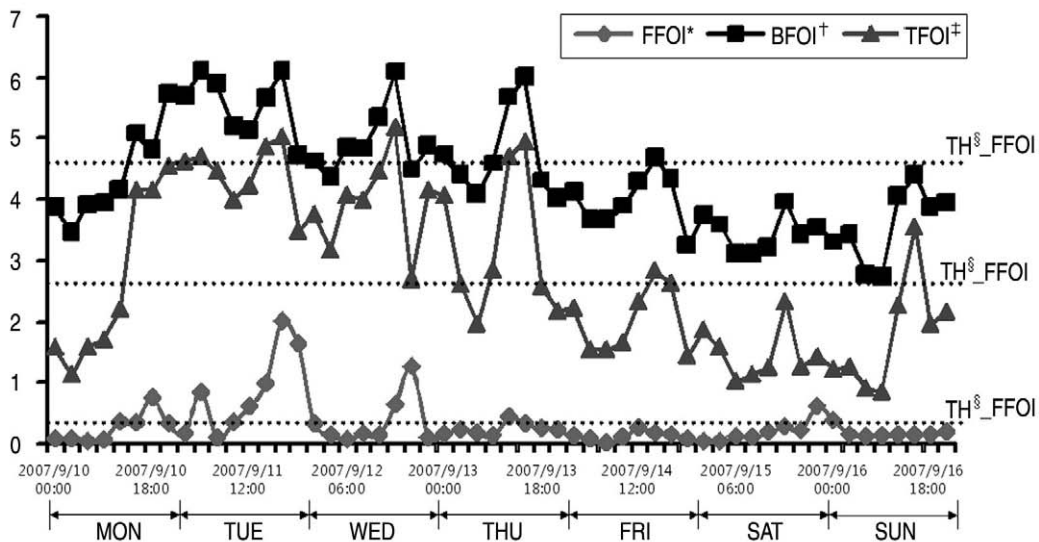


Fig. 4. Results of applying new customized overcrowding indices to Emergency Department.

- * FFOI: front flow overcrowding index
- † BFOI: back flow overcrowding index
- ‡ TFOI: total flow overcrowding index
- § TH: threshold

것은 FFOI와 BFOI가 인과관계를 갖는 예측 자료로 사용될 수 있음을 반영한다(Fig. 4).

4. 지표 생성기의 개발

연구자들은 맞춤형 과밀도 지표를 실시간으로 활용하기 위한 방안으로 응급실 전자의무기록과 연계된 실시간 지표 생성기 원형을 개발하였다(Fig. 5). 지표 생성기에서는 기존의 과밀도 지표들과 새로 개발된 맞춤형 과밀도 지표, 그리고 관련 기본 정보들을 보여줄 수 있다. 이와 같은 지표

생성기는 다양한 지표를 실시간으로 제공함으로써 환자와 의료진 모두에게 유용한 정보를 제공하여 결과적으로 의료서비스의 수준을 향상시킬 수 있을 것이다.

고찰

국민경제 생활수준이 증가함에 따라 국민의 건강에 대한 관심 증가와 질 높은 의료서비스에 대한 국민의 기대 수준 향상으로 각 병원에서는 의료서비스를 개선하려는 노력들

Table 3. Correlation and KL* distance between NPED[†], NPW[‡] and new customized overcrowding indices

	Correlation			KL* distance		
	FFOI [§]	BFOI	TFOI [¶]	FFOI [§]	BFOI	TFOI [¶]
NPED [†]	0.400	0.950	0.952	0.648	0.001	0.057
NPW [‡]	0.319	0.846	0.838	0.656	0.052	0.051
Average	0.360	0.898	0.895	0.652	0.027	0.054

* KL: Kullback Leiblur

† NPED: number of patients in emergency department

‡ NPW: number of patients in waiting

§ FFOI: front flow overcrowding index

|| BFOI: back flow overcrowding index

¶ TFOI: total flow overcrowding index

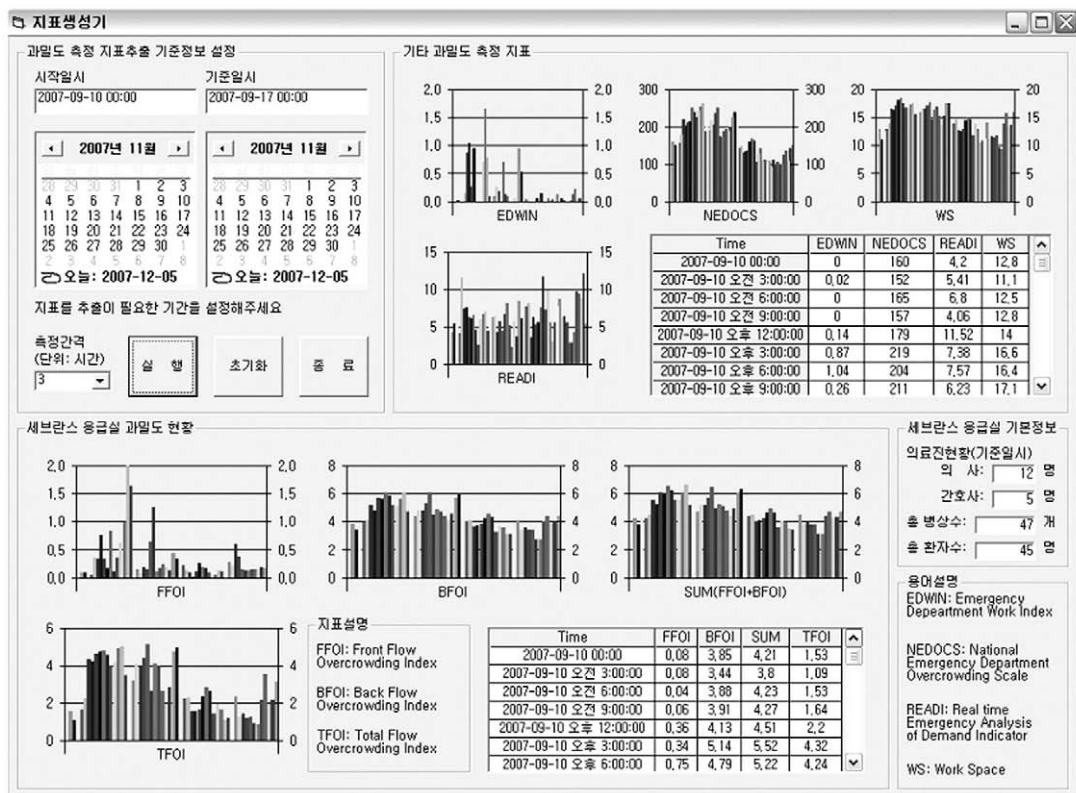


Fig. 5. Overcrowding index generator for monitoring Emergency department.

이 이루어지고 있다. 의료서비스의 여러 가지 문제점들 중에서 개별 병원에서는 응급실의 과밀 현상을 공통적인 중요한 문제로 여기고 있다¹⁴⁾. 응급실의 과밀화 원인은 매우 다양하다. 응급실 외적인 과밀 현상 원인으로 산업 활동 인구의 증가로 교통사고 및 산업재해 발생 비율의 증가, 노동 가능한 40세 이하의 외상(trauma) 발생 증가, 그리고 고령화 인구들이 겪는 만성질환의 증가가 응급실 수요 증가로 이어짐을 들 수 있다. 또한 상대적으로 저렴한 의료 서비스를 이용하려는 의료 보험 체계와 특히 국내의 경우에는 중소 병원 불신으로 인한 환자들의 무분별한 응급실 선호 추세도 응급실 과밀화에 대한 외적인 중요한 원인이다^{5,7,15)}. 이렇게 늘어나는 응급 의료 수요에 대한 불규칙성 역시 과밀 현상으로 직접 연계된다¹⁶⁾. 이러한 외적인 요인들은 응급실 내적인 원인들에 직접적인 영향을 미친다. 응급실 내적인 원인들은 이미 10여 년 전부터 언급이 되었는데 응급실 병상의 부족, 의료진과 행정 처리 인력의 부족과 같은 인력 및 시설의 부족, 입원 절차와 같은 각종 수속 절차의 복잡성 및 각종 검사 서비스의 지연 등 프로세스 관점에서의 문제점들이 최근까지도 내적 원인으로 지적되었다^{15,17)}.

이러한 이유에서 국·내외적으로 응급실의 과밀 상황을 정확히 측정하고 분석하려는 노력들이 진행되었다. 하지만 가장 큰 문제점은 과밀 상황을 객관적으로 정의할 수 있는 기준이 없다는 것이다¹¹⁾. 기존 개발된 지표인 EDWIN, NEDOCS, READI, WS가 갖는 가장 큰 문제점도 바로 여기에 있다. Bernstein 등⁸⁾과 Weiss 등⁹⁾은 지표에 대한 객관적 기준으로 의료진에 대한 설문 결과를 사용하였다. 본 연구의 대상 응급실의 과밀 현상에 더 높은 유사도를 보인 NEDOCS는 설문에 참여한 인원 수(sample size)가 커야 되고 설문의 영역이 응급실의 전 영역을 다루어야 함을 보여준다. Epstein과 Tian¹¹⁾은 구급차 분산 지시(ambulance diversion) 시간을 대상 응급실의 과밀 현상에 대한 객관적인 자료로 사용하였다. 해당 자료는 응급실 과밀화 정도에 따라 차별적인 값을 가지며 본 연구에서 사용한 NPED, NPW의 객관적 자료와 같은 결과 변수영역의 자료라 할 수 있다. READI는 병상, 급성 정도, 의료진으로 구분된 체계성을 갖지만 각 응급실에 적합하도록 예측 자료 산출에 대한 기준, 정성적 자료를 정량화 시키는 기준이 마련되어야 할 것이다. Jones 등¹⁸⁾과 Weiss 등¹⁹⁾은 4가지 기준 지표들이 응급실의 과밀 상황을 측정하기 위한 일반화된 지표로 활용할 수 있는지의 여부를 평가하였다. 평가 결과 다양한 형태의 응급실을 대상으로 한 검증이 필요하며 의료진의 과밀 상황 인식에 기반 한 과밀 상황 경보를 위한 기준 마련이 필요함이 나타났다^{18,19)}. 특히, Raj 등²⁰⁾의 적용 사례는 의료진의 주관적 체감 과밀도와 NEDOCS의 측정값 간의 통계분석적인 차이를 보여주고 Reeder 등²¹⁾은 READI와 의료진의 인식과 일치하지 않음을 보여줬다. 현 상황과 가까운 미래에 대한 예측력 평가에서도 기존 지표들은 보완이 필요함이 검

증되었다²²⁾. 이렇듯 지표에 대한 분석 결과 및 적용 결과들은 응급실에 과밀도 지표를 적용하기 위해서 적용 대상에의 맞춤형 지표가 필요함을 시사한다. 따라서 범용적인 적용을 위한 다양한 검증, 다양한 변동성에 적응해가며 미래 상황을 예측하는 자동 학습 메커니즘과 유용한 지표로 활용하기 위한 과밀도 원인 도출 능력이 필수적이다.

본 연구에서 개발한 맞춤형 과밀도 지표는 다음 두 가지 측면에서 응급실 운영의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다. 첫째, 의료진 배치, 근무 교대 등은 고정된 원칙에 따르기에 다양한 원인에 의한 상황변화에 능동적으로 대처하기 어려운 상황을 실시간 과밀도 정보를 활용하여 극복할 수 있다. 즉, 과밀도 정보를 대기환자와 의료진에게 제공함으로써 환자에게는 대기에 따르는 불안과 불안감을 덜어 주고 의료진에게는 상황이 악화되기 전에 조치를 취할 수 있게 한다. 이를 통해, 응급실 인력의 효율적인 사용이 가능하도록 유도할 수 있다. 또한 과밀도 정보의 통계적 분석 및 과거 데이터와의 관련성을 분석하여 향후 예측치를 제공할 수 있다. 예를 들어, 현재와 같은 상황이 몇 시간 동안 지속될지 예측하거나, 몇 시간 후 다시 발생할지를 예측하여, 의료진 스스로 긴급 혹은 비긴급, 중요 혹은 비중요 업무를 유동적으로 조정하여 진료 프로세스를 조절할 수 있다.

둘째, 맞춤형 과밀도 지표를 통해 응급실 운영관련 의사 결정을 지원할 수 있다. 맞춤형 과밀도 지표는 기본 지표인 NPED, NPW에 비해 과밀화의 원인에 대한 다각도의 정보 제공과 이를 이용한 의사결정 지원이 가능하다. 기본 지표로는 Fig. 6B와 Fig. 6D시점은 입원 대기 환자 수, Fig. 6A와 Fig. 6C시점은 체류 환자 수에서 유사하다. 그러나 맞춤형 과밀도 지표로는 더 많은 정보를 얻을 수 있다. Fig. 6A와 Fig. 6C시점의 경우, 기본 지표에서는 체류 환자 수에서는 동일하나 Fig. 6A시점에서는 입원 대기 환자 수가 더 많다는 정보를 얻을 수 있다. 반면에 맞춤형 지표에서는 Fig. 6C시점에서 Fig. 6A시점보다 환자의 접수 대기시간(FFOI)과 접수 후 진료시간(BFOI)이 늘어나고 있으며 접수창구에서 발생하는 문제점을 확인하고 응급실 진료와 연계되는 협진, 입원 등의 프로세스를 살펴볼 필요가 있다는 단서를 제공해준다. 또한 FFOI와 BFOI는 높은 상관관계를 보이므로 진료와 연계된 프로세스와 응급실 자원 관련 요소들은 밀접한 관련을 맺고 있으며 과밀화 해결을 위한 접근도 두 지표를 모두 고려하면서 시작해야 할 것이다. Fig. 6B와 Fig. 6D시점의 경우, 입원 대기 환자 수는 비슷하지만 Fig. 6D시점에서 전체 환자 수가 더 많은 이유는 방문한 환자의 접수지연(FFOI) 보다는 진료 중인 환자 수(TFOI)와 이들의 체류 시간(BFOI) 증가에 원인이 있음을 알 수 있다. 이같이 응급실 과밀화의 원인을 다각도로 분석함으로써 원활한 응급실 운영을 위한 의사 결정의 근거를 얻을 수 있으며, 새로운 맞춤형 과밀도 지표는 이러한 역할을 수행할 수 있을 것이다.

이 연구의 제한점은 첫째, 대상 응급실에서 사용하는 기준 자료인 입원대기 환자 수와 전체 체류 환자 수가 실제 의료진 혹은 환자들의 체감 과밀도와 상관관계를 분석하지 못하였다는 것이다. 이는 현 도출된 지표들을 구성하는 요인들을 체계적으로 정리하여 요인들의 다양한 수준에 응급실을 운영 혹은 이용하는 인원들이 느끼는 체감 과밀도와 관계를 분석해야 할 것이다. 둘째, 내원 후 접수 하지 않고 귀가하는 환자들에 대한 자료 추출이 불가능하여 지표 개발하는 과정에 해당 부분을 누락시킨 것이다. 또한 각 요소들 중 과밀 현상과 시간 간격이 존재하는 요소들을 제대로 반영하지 못하였다는 것이다. 이러한 부분들은 향후

연구에서 시간 차이를 고려한 상관분석(time lagged correlation)이나 상호 상관분석(cross correlation)을 통해 극복할 수 있을 것이다.

결론

연구자들은 응급실 과밀화 현상 해결을 위한 맞춤형 과밀도 지표를 개발하기 위해 기존 지표들을 분석하고 과밀화에 관련된 주요 요소를 선정하여, 해당 종합병원 응급실에 적용할 수 있는 설명력 높은 맞춤형 과밀도 지표를 개발

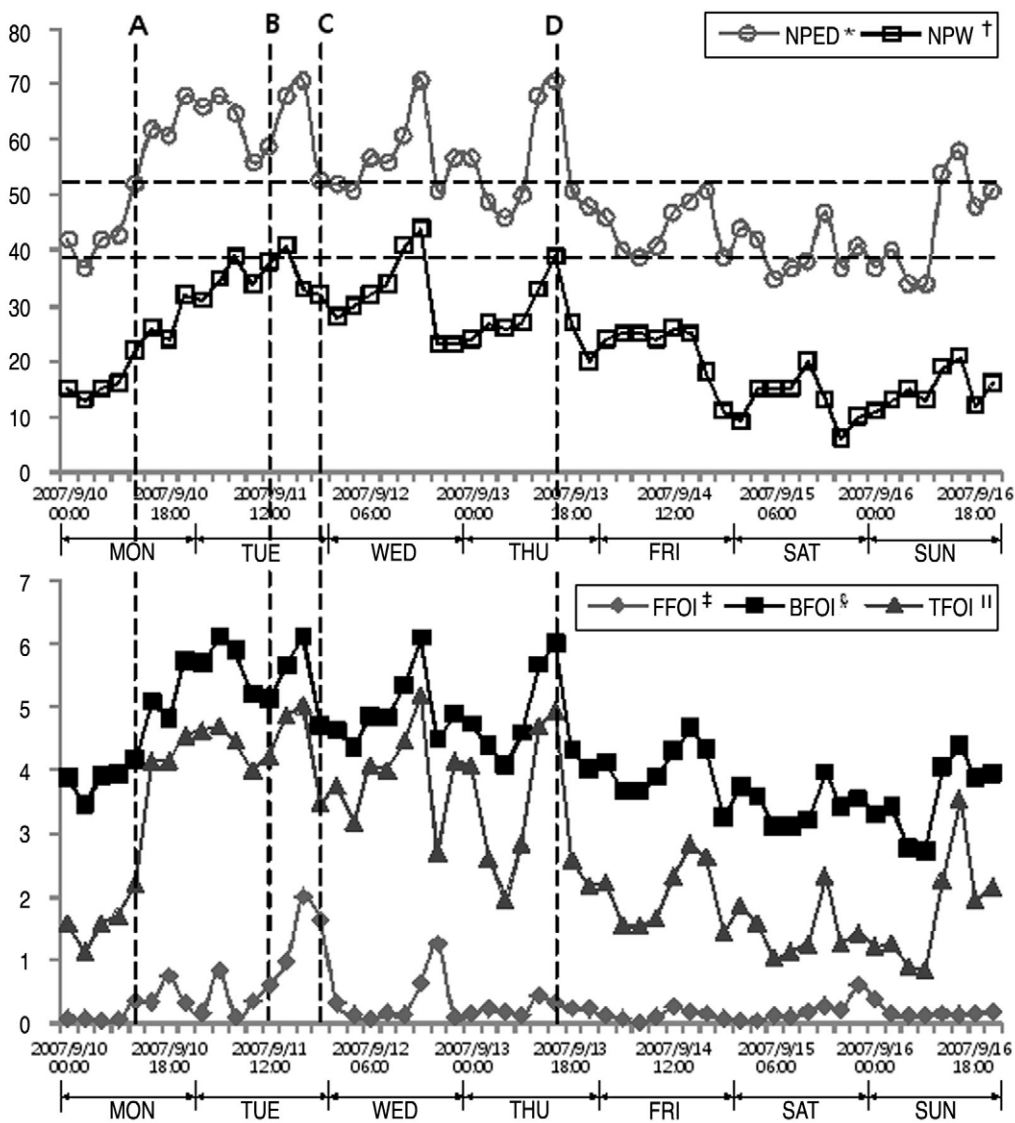


Fig. 6. Supporting decision making using customized indices.

* NPED: number of patients in emergency department

† NPW: number of patients in waiting

‡ FFOI: front flow overcrowding index

§ BFOI: back flow overcrowding index

|| TFOI: total flow overcrowding index

하였다. 개발된 맞춤형 과밀화 지표들은 해당 응급실에서 과밀도의 객관적 기준으로 활용하는 전체 체류 환자 수, 입원 대기 환자 수와 유사한 정도의 설명력을 나타내었고 이에 더하여 구체적인 과밀도 원인 정보까지 제시할 수 있었다. 앞으로의 연구에서 체감 과밀도를 통해 개발된 맞춤형 지표를 추가 검증하고 다른 응급실에 적용할 수 있는 지표 적용 체계를 작성하면 더욱 범용적인 지표로 발전시킬 수 있을 것이라 생각된다.

참고문헌

- Nawar EW, Niska RW, Xu J. National hospital ambulatory medical care survey: 2005 emergency department summary. *Adv Data* 2007;386:1-32.
- National emergency medical center. A statistical annual report of emergency medical service 2007. Seoul: National emergency medical center; 2008.
- American Academy of Pediatrics Committee on Pediatric Emergency Medicine. Overcrowding crisis in our nation's emergency departments: is our safety net unraveling? *Pediatrics* 2004;114:878-88.
- Olshaker JS, Rathlev NK. Emergency department overcrowding and ambulance diversion: the impact and potential solutions of extended boarding of admitted patients in the emergency department. *J Emerg Med* 2006;30:351-6.
- Ministry of health and welfare. '05-'10 Emergency medical care master plan. Seoul: Ministry of Health and Welfare; 2005.
- Derlet RW, Richards JR. Overcrowding in the nation's emergency departments: complex causes and disturbing effects. *Ann Emerg Med* 2000;35:63-8.
- Asplin BR, Magid DJ. If you want to fix crowding, start by fixing your hospital. *Ann Emerg Med* 2007;49:273-4.
- Bernstein SL, Verghese V, Leung W, Lunney AT, Perez I. Development and validation of a new index to measure emergency department crowding. *Acad Emerg Med* 2003;10:938-42.
- Weiss SJ, Derlet R, Arndahl J, Ernst AA, Richards J, Fernández-Frackelton M, et al. Estimating the degree of emergency department overcrowding in academic medical centers: results of the national ED overcrowding study (NEDOCS). *Acad Emerg Med* 2004;11:38-50.
- Reeder TJ, Garrison HG. When the safety net is unsafe: real-time assessment of the overcrowded emergency department. *Acad Emerg Med* 2001;8:1070-4.
- Epstein SK, Tian L. Development of an emergency department work score to predict ambulance diversion. *Acad Emerg Med* 2006;13:421-6.
- Kullback S, Leibler RA. On information and sufficiency. *Annals of Mathematical Statistics* 1951;22:79-86.
- Gilboy N, Tanabe P, Travers DA, Rosenau AM, Eitel DR, et al. Emergency Severity Index, version 4: implementation Handbook. Rockville: AHRQ Publication;2005.
- Asplin BR, Magid DJ. If you want to fix crowding, start by fixing your hospital. *Ann Emerg Med* 2007;49.
- Hwang SO, Lee CC, Singer AJ, Kim TM. The current status of the emergency medical system in Korea. *Am J Emerg Med* 2007;25:846-8.
- Flottemesch TJ, Gordon BD, Jones SS. Advanced statistics: developing a formal model of emergency department census and defining operational efficiency. *Acad Emerg Med* 2007;14:799-809.
- Ha YR, Chung SM, Chang MJ, Sim HS, Lee HS. ED overcrowding and special unit for observation. *J Korean Soc Emerg Med* 1997;8:31-5.
- Jones SS, Allen TL, Flottemesch TJ, Welch SJ. An independent evaluation of four quantitative emergency department crowding scales. *Acad Emerg Med* 2006;13:1204-11.
- Weiss SJ, Ernst AA, Derlet R, King R, Bair A, Nick TG. Relationship between the national ED overcrowding scale and the number of patients who leave without being seen in an academic ED. *Am J Emerg Med* 2005; 23:288-94.
- Raj K, Baker K, Brierley S, Murray D. National emergency department overcrowding study tool is not useful in an Australian emergency department. *Emerg Med Australas* 2006;18:282-8.
- Reeder TJ, Bureson DL, Garrison HG. The overcrowded emergency department: a comparison of staff perceptions. *Acad Emerg Med* 2003;10:1059-64.
- Hoot NR, Zhou C, Jones I, Aronsky D. Measuring and forecasting emergency department crowding in real time. *Ann Emerg Med* 2007;49:747-55.