

# 간호사의 스크리닝을 통한 조기대응팀 활성화가 비계획적 중환자실 입실에 미치는 영향



허예지<sup>1</sup> · 문성미<sup>2</sup> · 송은경<sup>2</sup> · 김민영<sup>3</sup>

울산대학교병원 간호사<sup>1</sup>, 울산대학교 의과대학 간호학과 교수<sup>2</sup>, 울산대학교 의과대학 간호학과 부교수<sup>3</sup>

## Influence of the Rapid Response Team Activation via Screening by Nurses on Unplanned Intensive Care Unit Admissions

Huh, Ye-Ji<sup>1</sup> · Moon, Seongmi<sup>2</sup> · Song, Eun Kyeong<sup>2</sup> · Kim, Minyoung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RN, MSN, Ulsan University Hospital, Ulsan, Korea

<sup>2</sup>Professor, Department of Nursing, College of Medicine, University of Ulsan, Ulsan, Korea

<sup>3</sup>Associate Professor, Department of Nursing, College of Medicine, University of Ulsan, Ulsan, Korea

**Purpose:** This study aimed to identify the influence of the activation of the Rapid Response Team (RRT) through screening unplanned Intensive Care Unit (ICU) admissions. **Methods:** A total of 539 cases in which the RRT was activated, from January 1, 2016 to December 31, 2017, were analyzed. Data were collected by reviewing rapid response team activity reports and electronic medical records and analyzed using the Chi-squared test and multiple logistic regression analysis. The analyzed types of RRT activation were electronic medical record-based screening and activation through direct call. **Results:** Patients admitted to the ICU following RRT activation through direct call were twice as likely to experience an unplanned ICU admission than patients for which the RRT was activated through electronic medical record screening (Odds Ratio [OR]=2.05, 95% Confidence Interval [CI]=1.27~3.30). Other variables, including the medical department, activation duration in minutes, total national early warning score, and respiratory distress as the reason for activation (compared to sepsis or septic shock) predicted unplanned ICU admissions. **Conclusion:** Electronic medical record screening by RRT may facilitate the early detection and monitoring of physiological deterioration in patients in the general medical ward. This strategy may help prevent unplanned ICU admissions and potentially reduce mortality.

**Key Words:** Hospital rapid response team; Intensive care units; Electronic medical records; Early warning score

## 서 론

### 1. 연구의 필요성

병원에 입원한 환자들은 갑작스런 심정지나 비계획적 중환자실 입실과 같은 심각한 위험 사건을 경험할 수 있다. 내과 환

자의 중환자실 전동에 대한 위험요인을 분석한 국내 일 연구[1]에 따르면 상태 악화로 인해 의료비상팀(medical emergency team)에 의뢰된 120명의 환자 중 중재가 이루어진 후 중환자실로 이송된 환자는 52명이었고, 중환자실 이송 전에 호흡수, 심박동수, 산소포화도, 의식수준 등에서 비정상적인 양상을 보였다. 그러나 의료진의 과도한 업무량으로 인해 상태가 악화되는

주요어: 병원 조기대응팀, 중환자실, 전자의무기록, 조기경고점수

Corresponding author: Moon, Seongmi <https://orcid.org/0000-0003-4384-0088>

Department of Nursing, College of Medicine, University of Ulsan, 93 Daehak-ro, Nam-gu, Ulsan 44610, Korea.

Tel: +82-52-259-1238, Fax: +82-52-259-1236, E-mail: smoon@ulsan.ac.kr

Received: Aug 18, 2020 / Revised: Sep 17, 2020 / Accepted: Sep 28, 2020

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.

환자들을 즉각적으로 인식하는 것이 점점 어려워지는 상황이고[2], 상태가 악화되기 전에 환자들에게 위험 징후가 나타나면 응급실이나 중환자실 등의 특수 부서에 비해 일반 병동에서는 중환자 치료에 대해 훈련 받은 의료진이 적기 때문에 중증 환자에 대해 신속하게 인지하고 대응하기 어렵다[3]. 이럴 때 환자들의 임상적 악화를 경고해주는 시스템이 있으면 의료진이 조기에 개입하여 갑작스런 심정지를 막거나 중환자실 입실을 감소시킬 수 있다[2].

입원 환자가 생리학적으로 급성 악화 상태이거나 심각한 위험에 노출되어 갑작스러운 임상 변화가 발생한 경우, 병동 간호사나 담당 의사가 조기대응팀(hospital rapid response team)을 직접 호출하여 활성화시킬 수 있다[4]. 조기대응팀은 환자 상태의 악화를 조기에 식별하고 신속하게 안정시켜 환자의 안전과 의료의 질을 증진시키며 중환자 관리와 상급 실무를 훈련 받은 의료인들로 구성된다[5]. 조기대응팀이 활성화되면, 조기대응팀 구성원은 신속한 개입을 통해 환자 상태를 평가하고 안정화하며 치료 계획을 세우는 것을 돕는다[6].

조기대응팀 활동에 관련된 691개의 연구를 대상으로 체계적 문헌고찰을 시행한 Solomon 등[7]의 연구에서, 조기대응팀의 운영은 입원 환자의 사망률 감소와 심정지 발생률 감소에 효과가 있는 것으로 나타났다. 또 다른 연구에서는 조기대응팀의 활동이 성인 환자의 심정지 발생률, 사망률뿐만 아니라 소아 환자의 심정지 발생률, 사망률도 감소시키는 효과가 있음을 확인하였다[8]. 조기대응팀과 관련된 국내의 여러 연구들도 조기대응팀 운영 전후의 심정지 발생률을 비교하여 조기대응팀 활동의 긍정적 효과를 입증하였다[9-11].

한편, 조기대응팀이 활성화되었던 환자들을 대상으로 최초 증상 발생 시점으로부터 1시간 이후에 활성화된 사례를 조사한 일 연구[12]에서는 대상자 중 26%에서 조기대응팀의 호출 조건을 만족하였지만 조기대응팀 활성화가 지연되는 현상이 발생하였다. 또한 조기대응팀의 활성화가 지연된 환자들은 적시에 발견된 환자들에 비해 사망률과 중환자실 입실률, 재원 기간이 높았으며[12], Barwise 등[13]의 연구에서도 조기대응팀의 활성화가 지연되면 환자들의 사망률이 증가함이 보고되었다.

의료진의 호출에 의한 조기대응팀 활성화가 지연되는 것을 보완하기 위해 조기대응팀은 악화 위기에 놓인 환자를 보다 적극적으로 발견해낼 수 있는 방법을 고안하였다. 혈압, 맥박, 호흡수 등의 생체 신호들을 점수화하여 대상자의 임상적 악화를 경고할 수 있는 조기경고점수가 제시되었고[14], 전자의무기록을 기반으로 한 스크리닝 프로그램을 통해 조기대응팀 호출 기준과 몇 가지 혈액 검사 항목을 충족하는 임상적 악화 환자들

을 조기대응팀이 직접 선별할 수 있도록 하였다[15]. 스크리닝 프로그램은 병동 간호사가 활력징후를 전산에 입력하였을 때, 설정된 기준치를 초과할 경우 스크리닝 화면에 해당 환자가 나타나도록 구성된 프로그램이다. 국내 여러 병원이 스크리닝 프로그램을 활용하여 임상적 악화 환자를 조기에 선별해 내고 있다[16].

국내 일 연구[15]에서는 주 7일, 일 12~24시간동안 운영되었던 조기대응팀의 자료를 대상으로 스크리닝 프로그램의 유용성을 확인하였는데, 의료진의 호출에 의해 조기대응팀이 활성화된 경우보다 스크리닝을 통해 활성화된 경우에 비계획적 중환자실 입실률이 더 낮다는 결과가 도출되었다. 그러나 주 7일 주 12~24시간 조기대응팀을 운영하는 것은 상당한 인력과 자원이 필요하며, 국내에는 소규모로 일부 시간 동안 제한된 인력과 비용으로 조기대응팀을 운영하는 곳도 있다. 이와 같이 의료기관에 따라 다양한 방식으로 조기대응팀이 운영되는 경우에도 스크리닝 프로그램이 유용한지를 확인해 볼 필요가 있다. 본 연구대상 병원에서는 평일 낮 9시간 동안 조기대응팀이 운영되며, 병동에서 의료진이 호출한 경우에 활성화가 이루어지거나 조기대응팀의 간호사가 스크리닝된 환자들 중 임상적 악화 환자를 선별하여 조기대응팀의 중재가 필요하다고 판단한 경우에 활성화가 이루어지고 있다.

현재 국내에서는 병원별로 조기대응팀 활성화에 대해 동일하게 합의된 기준은 없는 상황이므로 본 연구대상 병원처럼 조기대응팀 간호사의 임상적 의사결정에 따른 방식의 효과를 확인하는 것은 추후 조기대응팀 운영과 관련된 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 조기대응팀 간호사의 임상적 의사결정에 따라 조기대응팀이 활성화되는 일개 대학 병원의 활동 자료를 분석하여, 의료진의 호출에 의한 활성화에 비해 스크리닝에 의한 활성화가 병동의 임상적 악화 환자들을 더욱 빠르게 인지하여 그 결과로 비계획적 중환자실 입실에 영향을 미치는지를 확인하고자 하였다.

## 2. 연구목적

본 연구의 목적은 조기대응팀 활성화 유형, 즉 병동에서 의료진이 호출한 경우에 활성화된 유형과 조기대응팀 간호사의 스크리닝 활동을 통해 활성화된 유형 간 비계획적 중환자실 입실률을 비교하는 것이다. 구체적인 목표는 첫째, 조기대응팀 활성화 유형별 비계획적 중환자실 입실률을 파악하고 둘째, 조기대응팀 활성화 유형이 비계획적 중환자실 입실에 미치는 영향을 파악하는 것이다.

## 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 조기대응팀 활성화 유형을 조기대응팀의 스크리닝과 의료진의 호출 두 군으로 나누어 조기대응팀 활성화 유형에 따른 대상 환자의 비계획적 중환자실 입실률을 비교 분석하는 서술적 후향적 조사연구이다.

### 2. 연구대상

본 연구는 일 광역시 일개 병원의 일반 병동에 입원한 만 18세 이상의 성인 환자들 중 호출 기준을 충족하여 조기대응팀이 활성화된 경우를 대상으로 하였다. 본 연구대상 병원의 조기대응팀은 평일 낮 9시간 동안 운영되고 있다. 조기대응시스템이 도입되어도 의료진이 실제로 사용하기까지 적응 기간이 필요하다는 사전 연구결과[16]를 참고하여, 스크리닝 프로그램 도입 6개월 후인 2016년 1월부터 본 연구의 시작 시점 직전인 2017년 12월까지의 조기대응팀 활동 기록 669건 중 130건을 제외한 539건을 대상으로 연구를 진행하였다.

입원 중 두 번 이상 조기대응팀이 활성화된 사례는 의뢰 일자가 다를 경우 각각의 경우를 별도로 포함하였고 일반 병동 입원 환자가 검사실에서 의뢰된 경우는 대상자에 포함하였다. 제외된 130건은 의뢰 당시 일반 병동이 아니라 중환자실, 외래, 수술실 등의 특수 부서에서 의뢰된 경우 10건, 심폐소생술 방송으로 의뢰된 경우 63건, 활동 후 심폐소생술 포기(Do Not Resuscitation)에 동의하여 더 이상의 진전된 치료 없이 활동 종료된 경우 56건, 자료 미비 1건이었다.

### 3. 연구도구

자료수집을 위해 선행 문헌을 참고하여 자료수집 목록을 작성한 후 연구자들의 토론을 거쳐 최종 완성하였다. 본 연구의 자료수집 목록은 조기대응팀 활성화 유형, 비계획적 중환자실 입실 여부, 대상자의 특성 10문항이다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 조기대응팀 활성화 유형은 조기대응팀 활동 보고서에 기록된 의뢰자 항목에 조기대응팀의 스크리닝과 의료진의 호출 2개 유형으로 구분된 것을 그대로 이용하였다. 스크리닝 기준(Table 1)에 해당하는 입원 환자들이 전산 프로그램에 확인되면 조기대응팀 간호사가 환자를 사정하고

조기대응팀의 중재가 필요하다고 판단할 경우 활성화시킬 수 있다. 본 연구대상 병원의 조기대응팀 간호사는 2명으로서 중환자실 근무경력 3년 이상이며 전문심폐소생술 교육 및 응급기도관리 교육을 이수한 경력을 가지고 있다. 의료진의 호출은 의료진이든 누구나 할 수 있으며, 호출 기준에 해당하는 환자가 있을 경우 조기대응팀 간호사에게 전화를 통해 의뢰한다. 스크리닝 프로그램을 통해 확인되어 있었지만 의료진의 호출도 있었던 경우는 호출이 활성화의 계기라고 판단하여 호출로 간주하였다.

- 비계획적 중환자실 입실이란 사전에 계획하지 않은 상황에서 환자의 상태 악화나 변화로 인한 중환자실 입실을 의미한다[17]. 비계획적 중환자실 입실 여부는 조기대응팀 활성화 시간을 기준으로 하여 12시간 이후 시점의 상태로 판단하였으며, 이는 입원 환자의 비계획적인 중환자실 입실 사건 중 70%는 발생 12시간 이내에 한 가지 이상의 비정상적인 활력징후가 나타난다는 연구결과[17]에 의한 것이다.
- 대상자의 특성은 연령, 성별, 활성화 당시 진료과, 조기대응팀의 활동 소요시간, 활성화 당시 활력징후를 기반으로 한 조기경고점수, 의뢰 기준, 평가된 의뢰 사유, 활성화 후 한 달 이후 등을 포함한다. 조기대응팀의 활동 소요시간은 조기대응팀 간호사가 활동 후에 기록한 활동 보고서의 환자 확인 시간과 활동 종료 시간 항목을 이용하였다. 이는 곧 조기대응팀 간호사가 대상자를 직접 확인한 순간부터 활동이 종료된 순간까지의 시간이며, 대상자에게 수행한 직접 간호 시간을 의미한다.

조기경고점수는 Modified Early Warning Score (MEWS) [14]와 National Early Warning Score (NEWS) [18]를 활용하였다. MEWS와 NEWS는 혈압, 맥박, 호흡, 체온, 의식수준을 기초로 산출하는 조기경고점수로, 악화 위험이 있는 환자를 조기에 인식할 수 있도록 생리학적 변수를 기반으로 점수를 계산하는 방법이다(Table 2). Subbe 등[14]의 연구에서 MEWS의 민감도와 특이도를 따로 제시되지는 않았고, Lee와 Choi [1]에 의하면 내과 환자의 중환자실 전동 시 조기대응팀에 의뢰된 시점에서 MEWS의 Receiver Operating Characteristic (ROC) 커브 곡선아래면적은 0.82로 좋은 설명력을 보였다. 한편, 비계획적 중환자실 입실 24시간 이내 NEWS의 ROC 커브의 곡선아래면적은 0.857이었다[18]. 본 연구에서는 활성화 당시의 첫 활력징후를 기준으로 산출한 조기경고점수 값을 의미하며, 조기대응팀 활동 보고서에 기록된 의뢰 시 활력징후 값을 이용하였다. 조기경고점수는 혈압, 맥박 등 각 항목의 점수를 합산

**Table 1.** Calling and Screening Criteria

Items	Calling criteria	Screening criteria
Airway	- Threatened - Stridor, wheezing sound	- Threatened - Stridor, wheezing sound
Breathing	- Respiratory rate < 6 breaths/min - Respiratory rate > 30 breaths/min - SpO <sub>2</sub> < 90% (on nasal prong 6 L or venturi mask 40%)	- Respiratory rate < 6 breaths/min - Respiratory rate > 28 breaths/min - SpO <sub>2</sub> < 90% (on nasal prong 6 L or venturi mask 40%) - Nasal prong 6 L or venturi mask 40% (O <sub>2</sub> demand)
Circulation	- Pulse rate < 40 beats/min - Pulse rate > 140 beats/min - Systolic blood pressure < 90 mmHg	- Pulse rate < 40 beats/min - Pulse rate > 130 beats/min - Systolic blood pressure < 85 mmHg
Neurology	- Sudden mental change (seizure)	- Sudden mental change (seizure)
Others	- Bedside nurse's concern about overall deterioration	- pH ≤ 7.33, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ≤ 15 mmol/L - Lactate ≥ 2.0 mmol/L - K ≥ 6.0 mmol/L - TCO <sub>2</sub> ≤ 15 mmol/L - Glucose ≤ 50 mg/dL - ICU discharge patient

ICU=intensive care unit.

**Table 2.** Modified Early Warning Score (MEWS) and National Early Warning Score (NEWS)

Items	Categories	Score						
		3	2	1	0	1	2	3
MEWS	Respiratory rate (breaths/min)		< 9		9~14	15~20	21~29	≥ 30
	Heart rate (beats/min)		≤ 40	41~50	51~100	101~110	111~129	≥ 130
	Systolic blood pressure (mmHg)	≤ 70	71~80	81~100	101~199		≥ 200	
	Temperature (°C)		< 35.0		35.0~38.4		≥ 38.5	
	AVPU score				Alert	Reacting to voice	Reacting to pain	Unresponsive
NEWS	Respiratory rate (breaths/min)	≤ 8		9~11	12~20		21~24	≥ 25
	SpO <sub>2</sub> (%)	≤ 91	92~93	94~95	≥ 96			
	Any supplement oxygen?		Yes		No			
	Temperature (°C)	≤ 35.0		35.1~36.0	36.1~38.0	38.1~39.0	≥ 39.1	
	Systolic blood pressure (mmHg)	≤ 90	91~100	101~110	111~219			≥ 220
	Heart rate (beats/min)	≤ 40		41~50	51~90	91~110	111~130	≥ 131
	AVPU score				A			V, P or U

AVPU: A=Alert, V=Responds to voice, P=Responds to pain, U=Unresponsive; MEWS=Modified Early Warning Score; NEWS=National Early Warning Score.

하여 산출한다. 정상 범위를 0점으로 하여 점수가 높아질수록 위험도가 높고 MEWS는 0점에서 최대 14점, NEWS는 최소 0점에서 최대 20점이다.

의뢰 기준은 기도 위협(airway), 비정상적인 호흡(breathing), 비정상적인 순환(circulation), 의식 변화(neurology), 기타(others) 등 조기대응팀의 의뢰 기준 중에서 가장 우선적인

의뢰 항목을 수집하였다. 기타 군은 갑작스런 흉부 통증, 소변량 감소, 전신 부종 등 나머지 4가지 항목에는 해당되지 않지만 해당 진료과 의료진의 판단으로 악화가 우려되는 경우이다. 이 5가지 기준은 임상적 위기상황에서 동시다발적으로 발생할 수 있는 문제이기 때문에 중복되는 경우가 많아, 호출의 경우 호출자가 가장 우선적으로 고려했던 기준을 조사하였고 스크리

닝의 경우 가장 결정적인 기준을 조사하였다.

의뢰 사유는 활동 후 조기대응팀 간호사에 의해 평가되었으며 조기대응팀 활동 보고서에 기록된 의뢰 사유 항목을 수집하였다. Huh 등[15]의 연구를 참고하여 패혈증, 호흡 곤란, 아나필락틱 쇼크, 저혈량성 쇼크, 폐쇄성 쇼크, 순환성 쇼크, 부정맥, 갑작스런 의식 변화, 대사성 산증 등의 항목과 의료진의 악화 우려, 시술 보조 등의 항목을 포함하는 기타 군으로 나누어 조사하였다.

활성화 후 한 달 예후는 조기대응팀 활성화 날짜로부터 한 달이 지난 시점의 입원 시 상태를 의미한다. 전자의무기록에 기록된 입원 시 상태를 확인하였으며 정상퇴원, 사망, 기타의 세 가지 경우로 구분하였다. 기타에는 재원중인 경우와 진전된 치료를 필요로 하여 전원된 경우를 포함하였다.

#### 4. 자료수집

2016년 1월 1일부터 2017년 12월 31일까지 조기대응팀의 의뢰 기준을 충족하여 활성화되었던 대상자들의 자료를 전자의무기록과 조기대응팀 활동 보고서를 통해 수집하였다. 자료 수집은 2018년 8월부터 10월까지 조기대응팀 경력 3년 이상의 간호사 1인과 조기대응팀 연구 간호사 1인이 시행하였다. 연구 대상 기간의 조기대응팀 활동 기록과 전자의무기록을 참고하여 총 539건의 자료를 수집하여 분석하였다.

#### 5. 윤리적 고려

본 연구는 연구대상 병원 임상연구심의위원회의 승인을 받은 후에 연구계획서에 따라 시행되었다(승인번호 2018-06-033). 대상 자료는 개인식별정보를 코드화하여 개인정보 보호가 이루어질 수 있도록 하였으며 임상적 정보는 연구용으로만 활용되었다. 수집된 자료는 접근을 제한한 컴퓨터에 저장하고 접근 가능한 자는 연구자로 제한하였다. 또한 수집된 자료는 연구가 종료된 후 3년 동안 보관할 예정이다.

#### 6. 자료분석

수집된 자료는 SPSS/WIN 21.0 프로그램을 통해 다음과 같은 통계방법을 이용하여 분석하였다.

- 조기대응팀의 활성화 유형 비계획적 중환자실 입실 유무는 빈도와 백분율, 평균과 표준편차를 산출하였다.
- 조기대응팀 활성화 유형별 대상자 특성의 차이를 비교하

기 위해  $\chi^2$  test 또는 independent t-test를 이용하였다.

- 조기대응팀 활성화 유형이 비계획적 중환자실 입실에 미치는 영향을 파악하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석을 이용하였다.

## 연구결과

### 1. 조기대응팀 활성화 유형과 비계획적 중환자실 입실률

대상자 포함 기준에 맞는 환자는 총 539명이었으며, 그 중 조기대응팀의 스크리닝으로 활성화된 환자는 298명(55.3%), 의료진의 호출로 활성화된 환자는 241명(44.7%)이었다. 활성화 기준 12시간 이후 시점의 비계획적 중환자실 입실률은 33.2%(179명)였고, 그 외 일반 병동에서 치료받는 비율은 66.8%(360명)로 나타났다(Table 3).

**Table 3.** The Type of Rapid Response Team Activation and Result of Activation (N=539)

Variables	Categories	n (%)
Activation type	Screening	298 (55.3)
	Call	241 (44.7)
Result of activation	Stay in general ward	360 (66.8)
	Unplanned ICU admissions	179 (33.2)

ICU=intensive care unit.

### 2. 조기대응팀 활성화 유형별 대상자의 특성 비교

본 연구의 대상자의 특성은 Table 4와 같다. 대상자의 특성에 따른 조기대응팀 활성화 유형을 비교한 결과, 성별( $\chi^2=9.03$ ,  $p=.003$ )과 진료과( $\chi^2=19.46$ ,  $p<.001$ )에 따라 활성화 유형은 유의하게 차이가 있었다. 스크리닝 군에서는 남자 118명(63.1%), 여자 110명(36.9%)으로 남자 환자 비율이 높았으나 의료진의 호출 군에서는 남녀 비율이 유사하여 여성의 경우 의료진의 직접 호출에 의한 활성화 빈도가 높았다. 진료과의 경우 스크리닝 군에서는 내과 196명(65.8%), 기타 진료과 21명(7.0%)인 반면, 호출 군에서는 내과 119명(49.4%), 기타 진료과 41명(17.0%)으로 기타 진료과에서 의료진의 직접 호출에 의한 활성화 빈도가 높았다.

의뢰 기준, MEWS, NEWS, 의뢰 사유, 그리고 비계획적 중환자실 입실에 따른 활성화 유형도 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 의뢰 기준은 스크리닝 군과 의료진의 호출 군 모두 비정상적인 호흡이 각각 102건(34.2%), 83건(34.4%)으로 높은

**Table 4.** Patient's Characteristics According to the Type of Rapid Response Team Activation (N=539)

Variables	Categories	Total	Screening (n=298)	Call (n=241)	$\chi^2$ or t (p)
		n or M±SD	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD	
Age (year)		65.75±14.56	65.45±14.10	66.04±15.02	-0.47 (.638)
Gender	Men	309	188 (63.1)	121 (50.2)	9.03 (.003)
	Women	230	110 (36.9)	120 (49.8)	
Department	Medical department	315	196 (65.8)	119 (49.4)	19.46 (< .001)
	Surgical department	162	81 (27.2)	81 (33.6)	
	Others	62	21 (7.0)	41 (17.0)	
Activation time (minutes)		51.22±45.85	48.42±49.68	54.70±40.43	-1.58 (.114)
Criteria	Airway	26	14 (4.7)	12 (5.0)	67.89 (< .001)
	Breathing	185	102 (34.2)	83 (34.4)	
	Circulation	114	44 (14.8)	70 (29.0)	
	Neurology	48	10 (3.4)	38 (15.8)	
	Others	166	128 (43.0)	38 (15.8)	
MEWS		4.00±2.18	3.59±2.04	4.49±2.24	-4.86 (< .001)
NEWS		7.26±3.65	6.68±3.56	7.97±3.65	-4.11 (< .001)
Activation cause	Sepsis/Septic shock	67	37 (12.4)	30 (12.4)	73.98 (< .001)
	Respiratory distress	210	119 (39.9)	91 (37.8)	
	Shock management	54	16 (5.4)	38 (15.8)	
	Altered mental status	44	9 (3.0)	35 (14.5)	
	Metabolic acidosis	82	73 (24.5)	9 (3.7)	
	Others	82	44 (14.8)	38 (15.8)	
Outcome	Discharge	246	133 (44.6)	113 (46.9)	0.52 (.760)
	Death	110	64 (21.5)	46 (19.1)	
	Others	183	101 (33.9)	82 (34.0)	
Result of activation	Stay in general ward	360	218 (73.2)	142 (58.9)	12.16 (.001)
	Unplanned ICU admissions	179	80 (26.8)	99 (41.1)	

ICU=intensive care unit; M=mean; MEWS=Modified Early Warning Score; NEWS=National Early Warning Score; SD=standard deviation.

빈도를 차지하였고, 기도 위협은 각각 14건(4.7%), 12건(5.0%)으로 빈도가 가장 낮았다. 그러나 비정상적인 순환에 의한 활성화는 스크리닝 군에서 44건(14.8%)으로 나타난 것에 비해 의료진의 호출 군에서 70건(29.0%)으로 높은 빈도를 차지하였고 갑작스런 의식 변화는 스크리닝 군 10건(3.4%)에 비해 의료진의 호출 군 38건(15.8%)으로 의료진의 호출에 의해 더 자주 활성화되었다. 기타 기준에 의한 활성화는 스크리닝 군에서 128건(43.0%)으로 가장 많이 나타났고, 의료진의 호출 군에서는 38건(15.8%)으로 비교적 적게 나타나 두 군 간에 의뢰 기준은 유의한 차이가 있었다( $\chi^2=67.89, p<.001$ ).

대상자의 평균 MEWS는 4.00±2.18점이었고 스크리닝 군(3.59±2.04점)에 비해 의료진의 호출 군(4.49±2.24점)의 MEWS가 높았다( $t=-4.86, p<.001$ ). 대상자의 평균 NEWS는 7.26±3.65점으로 역시 스크리닝 군(6.68±3.56점)에 비해 호출 군(7.97±3.65점)의 NEWS가 더 높은 것으로 나타났다( $t=-4.11, p<.001$ ).

의뢰 사유는 스크리닝 군과 의료진의 호출 군 모두 각각 호흡 곤란이 119건(39.9%), 91건(37.8%)으로 더 높은 빈도를 차지하였고, 패혈증은 각각 37건(12.4%), 30건(12.4%), 기타 사유는 각각 44건(14.8%), 38건(15.8%)으로 유사한 빈도로 나타났다. 그러나 쇼크 증상은 스크리닝 군 16건(5.4%)에 비해 의료진의 호출 군에서는 38건(15.8%)으로 높은 빈도로 나타났다. 의식 변화도 스크리닝 군에서는 9건(3.0%)으로 낮은 빈도를 차지했으나, 호출 군에서는 35건(14.5%)으로 빈도가 높게 나타났다. 그리고 대사성 산증의 경우는 스크리닝 군에서 73건(24.5%)으로 호출 군의 9건(3.7%)보다 높은 빈도를 보였으며, 의뢰 사유는 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $\chi^2=73.98, p<.001$ ). 활성화 유형에 따른 비계획적 중환자실 입실률은 스크리닝 군이 80건(26.8%), 의료진의 호출 군이 99건(41.1%)으로 나타나 의료진의 호출 군에서 중환자실 입실률이 유의하게 높았다( $\chi^2=12.16, p=.001$ )(Table 4).

### 3. 조기대응팀 활성화 유형이 비계획적 중환자실 입실이 미치는 영향

조기대응팀 활성화 유형과 비계획적 중환자실 입실률과의 관계를 알아보기 위하여 다중 로지스틱 회귀분석 중 입력법(enter)을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 회귀분석 모형은 Hosmer-Lemeshow 모형적합도 검정을 실시한 결과 적합한 것으로 나타났다( $\chi^2=3.97$ ,  $p=.859$ ). 회귀모델의 종속변수에 대한 설명력은 33.0%(Nagelkerke  $R^2=.330$ )였다.

분석 결과 조기대응팀 활성화 유형에 따른 비계획적 중환자실 입실률은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 조기대응팀의 스크리닝 군에 비해 의료진의 호출 군에서 비계획적 중환자실 입실률이 2.05배 높았다(Odds Ratio [OR]=2.05, 95% Confidence Interval [CI]=1.27~3.30,  $p=.003$ ).

조기대응팀 활성화 유형 이외에 비계획적 중환자실 입실과 유의한 연관성을 보이는 대상자의 특성들은 진료과, 활동 소요 시간, NEWS, 의뢰 사유, 한 달 예후로 확인되었다. 진료과에서는 기타 진료과에 비해 내과 환자들의 비계획적 중환자실 입실률이 높았고(OR=2.27, 95% CI=1.02~5.03,  $p=.042$ ), 활동 소요 시간이 길어질수록, NEWS 점수가 높을수록 비계획적 중환자실 입실률이 각각 1.01배(OR=1.01, 95% CI=1.01~1.02,  $p<.001$ ), 1.16배(OR=1.16, 95% CI=1.04~1.29,  $p=.007$ ) 높았다. 의뢰 사유는 호흡 곤란에 비해 패혈증 쇼크가 비계획적 중환자실 입실률이 2.16배 높았고(OR=2.16, 95% CI=1.04~4.48,  $p=.037$ ), 호흡 곤란에 비해 기타 사유가 비계획적 중환자실 입실률이 80% 낮았다(OR=0.20, 95% CI=0.06~0.59,  $p=.004$ ). 그리고 활성화 이후 한 달 예후가 '퇴원'인 경우에 비해 '사망'한 대상자의 비계획적 중환자실 입실률이 2.64배 높은 것으로 나타났다.

**Table 5.** Logistic Regression for Unplanned ICU Admission

(N=539)

Variables	Categories	Unadjusted odds ratio (95% confidence interval)		Adjusted odds ratio (95% confidence interval)	
		Unplanned ICU admission	<i>p</i>	Unplanned ICU admission	<i>p</i>
Activation type	Screening Call	1.90 (1.32~2.73)	.001	2.05 (1.27~3.30)	.003
Age		0.99 (0.98~1.01)	.856	0.99 (0.97~1.00)	.399
Gender	Men Women	0.95 (0.66~1.37)	.798	0.99 (0.64~1.55)	.977
Department	Others Medical department Surgical department	2.35 (1.22~4.51) 1.45 (0.71~2.92)	.010 .299	2.27 (1.02~5.03) 1.97 (0.86~4.52)	.042 .106
Activation time		1.01 (1.01~1.02)	< .001	1.01 (1.01~1.02)	< .001
Criteria	Airway Breathing Circulation Neurology Others	1.27 (0.54~2.95) 0.70 (0.29~1.71) 0.96 (0.35~2.56) 0.41 (0.17~0.98)	.573 .446 .935 .047	1.12 (0.44~2.80) 0.79 (0.25~2.49) 1.27 (0.30~5.31) 0.92 (0.30~2.74)	.809 .698 .738 .883
MEWS		1.24 (1.14~1.35)	< .001	0.93 (0.79~1.10)	.415
NEWS		1.22 (1.15~1.29)	< .001	1.16 (1.04~1.29)	.007
Activation cause	Respiratory distress Sepsis/Septic shock Shock management Altered mental status Metabolic acidosis Others	2.21 (1.26~3.87) 1.57 (0.86~2.87) 0.71 (0.35~1.43) 0.47 (0.26~0.86) 0.13 (0.05~0.32)	.005 .142 .341 .014 < .001	2.16 (1.04~4.48) 1.69 (0.75~3.78) 0.52 (0.15~1.77) 0.88 (0.37~2.10) 0.20 (0.06~0.59)	.037 .199 .301 .785 .004
Outcome	Discharge Death Others (in hospital)	4.12 (2.55~6.66) 1.65 (1.08~2.54)	< .001 .020	2.64 (1.48~4.69) 1.32 (0.81~2.17)	.001 .259

ICU=intensive care unit; MEWS=Modified Early Warning Score; NEWS=National Early Warning Score.

다(OR=2.64, 95% CI=1.48~4.69,  $p=.001$ ).

한편, 의뢰 기준 중 기타, MEWS, 의뢰 사유 중 대사성 산증, 그리고 활성화 한 달 후 예후 중 기타(재원중)는 다른 변수들을 보정하지 않은 상태에서 비계획적 중환자실 입실과 유의한 연관성을 보였지만 다른 변수들을 보정한 후에는 유의하지 않았다.

## 논 의

본 연구에서는 조기대응팀의 스크리닝을 통한 활성화의 효과를 확인하기 위해 활성화 유형에 따른 비계획적 중환자실 입실률을 조사하였다. 자료분석 결과, 의료진의 호출에 의한 활성화가 조기대응팀의 스크리닝에 비해 비계획적 중환자실 입실률이 높은 것으로 나타났다. 기존 연구[15]에서도 스크리닝 활동을 이용한 조기대응팀 활성화가 의료진의 호출에 비해 중환자실 입실률이 낮았다는 결과가 보고되어, 스크리닝 활동은 임상적 악화 위험 환자들을 보다 조기에 발견하여 중재할 수 있는 방법임을 본 연구를 통해서도 확인할 수 있었다. Huh 등[15]의 연구에서는 의료진의 호출 군이 조기대응팀의 스크리닝 군에 비해 비계획적 중환자실 입실률이 약 2.9배 높아지는 결과를 보였는데, 본 연구의 조기대응팀과는 운영 시간이 달랐으므로 직접적인 비교는 어렵다. 그리고 본 연구와 Huh 등[15]의 연구와 같이 조기대응팀이 스크리닝 프로그램을 활용한 사례는 보고된 바 없었으나, 외국에서는 의료진의 호출이 지연되는 것을 보완하기 위해 조기경고점수를 활용하고 있었다[19-21].

스크리닝 프로그램과 유사하게 병동 환자들의 상태를 실시간으로 볼 수 있는 대시보드화면을 전산에 삽입한 연구[22]도 있었다. 이 연구에서는 조기대응팀 인력 이외에 병원의 모든 의료진이 대시보드화면을 확인할 수 있도록 하였고 경고 피로를 줄이기 위해 방안 세 가지를 시도하였다. 첫째는 조기경고점수가 고위험이 되어도 알람이 울리지 않고 의료진이 업무 도중에 시간을 낼 수 있을 때 확인하도록 하였던 점이고, 둘째는 시간 경과에 따른 경고점수 변화를 한 눈에 볼 수 있도록 하여 업무 피로도를 줄일 수 있도록 한 점, 셋째는 병동 의료진의 부담을 덜 수 있도록 조기대응팀 간호사를 고용하여 운영시간 동안 활동하도록 한 점이다. 연구결과, 실시간 대시보드를 구동한 기간과 구동하지 않은 기간 동안의 비계획적 중환자실 입실률과 심정지 발생률, 사망률 모두 유의한 차이가 없었고 실시간 대시보드가 구동되던 동안 조기대응팀에게 선별된 악화 환자들의 수는 약 20% 증가했지만, 조기대응팀 활성화 건수의 차이는 없었다. 연구자가 밝힌 장애 요인은 조기경고점수의 위양성 가

능성과 대시보드 운영 후에도 조기대응팀 활성화가 증가하지는 않았던 점, 그리고 빠른 활성화 이외에 필요한 조기대응팀의 나머지 구성요소(적절한 대응, 필요한 자원 등)들의 부적절함이다.

이러한 연구결과들을 종합해봤을 때, 스크리닝을 통해 조기대응팀이 활성화된 경우에 의료진의 호출에 의한 경우에 비해 비계획적 중환자실 입실률이 낮음을 확인하였다. 따라서 조기대응팀의 스크리닝 활동은 악화 위기에 놓인 환자를 조기에 발견하여 적시에 활성화시킬 수 있는 방법이라고 할 수 있으며 조기대응팀 스크리닝의 효과를 확인하기 위하여 조기대응팀 활성화 유형에 대한 연구들이 더 시행되어야 할 것이다.

조기대응팀 활성화 유형 이외에 비계획적 중환자실 입실률에 영향을 미치는 변수로는 대상자의 진료과, 조기대응팀 활동 소요시간, 활성화 당시 활력징후를 기준으로 한 NEWS, 조기대응팀 의뢰 사유, 한 달 후 예후가 연관성이 있는 것으로 나타났다. 대상자의 진료과 중, 기타 진료과(재활의학과, 신경과, 정신과 등)에 비해 내과 환자들의 비계획적 중환자실 입실률이 2.27배 높은 것으로 나타났다. 이것은 외과에 비해 내과 환자들이 비계획적 중환자실 입실 요구도가 높았다는 기존 연구[23]의 결과와도 유사하다. 또한 활성화된 대상자의 진료과 분포는 내과가 58.5%로 가장 높은 빈도를 보였고, 국내 선행연구[15]에서도 호흡기내과, 혈액종양내과, 소화기내과가 조기대응팀 활동의 57.1%를 차지하여 병동 입원 환자 중 내과적 문제를 가진 환자들의 경우에 임상적 악화 사건이 자주 발생한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 내과계 환자들에게 임상적 악화 징후가 나타나면 조기대응팀은 더 자주 방문하여 환자의 상태를 확인할 필요가 있으며, 병동 의료진이 적시에 조기대응팀을 활성화시킬 수 있도록 임상적 악화 상황에 대한 교육과 긴밀한 의사소통이 중요하다고 할 수 있다.

그리고 대상자의 조기경고점수가 높을수록 비계획적 중환자실 입실률이 증가하는 것으로 나타났다. MEWS와 NEWS 모두 단독으로 분석하였을 때는 유의한 영향을 미치지 않았지만 다른 변수들을 보정한 후에는 NEWS만 비계획적 중환자실 입실률과 연관성이 있었고, NEWS가 1점 증가할수록 비계획적 중환자실 입실률이 1.16배 증가하였다. 선행연구[24]에서도 NEWS 7점 이상의 고위험군 환자들이 저위험군(NEWS ≤ 4)에 비해 사망률과 중환자실 입실률이 유의하게 높았다고 하며 조기경고점수와 중환자실 입실률과의 연관성을 보고하였다. 조기경고점수는 신체생리학적 징후들을 포함한 점수체계로 NEWS, MEWS 외에도 다양하게 표현될 수 있는데[6] MEWS와 달리 NEWS는 혈압, 맥박, 호흡수, 체온, 의식수준 이외에 산소포화도와 산소



요구도 항목이 포함되어 있어 민감도가 높아졌을 것으로 생각된다. 기존 연구[18]에서도 NEWS가 33가지의 다른 조기경고점수보다 24시간 이내의 예기치 못한 심정지와 중환자실 입실을 예측할 수 있는 능력이 뛰어났다고 보고되었다. 따라서 의료진이 악화 징후가 나타난 환자의 상태를 판단할 때 조기경고점수를 활용하는 것은 임상적 의사 결정에 도움이 될 수 있을 것이다. 이외에도 환자의 상태 악화를 더욱 잘 예측하고 감별할 수 있는 척도가 있는지 조사하는 연구가 지속되어야 하며, 기존 연구들은 다수가 외국에서 시행된 것으로 여러 지표들이 국내 실정에 맞는 지 확인하는 작업이 필요하다.

조기대응팀 의뢰 사유 중 본 연구에서는 패혈성 쇼크로 활성화된 경우 비계획적 중환자실 입실률이 2.16배 높은 것으로 나타났다. 선행연구를 보면 쇼크도 주요 위험요인이지만[15] 비계획적 중환자실 입실 환자를 대상으로 12시간 이전의 임상적 악화 징후를 분석한 결과 호흡부전(27%)의 비율이 가장 높았다거나[17], 중환자실에 전동된 내과 환자들 중 69.2%는 호흡기계 문제를 가진 환자였다는 보고[1]와 같이 호흡 문제가 비계획적 중환자실 입실의 중요한 위험요인인 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서도 호흡곤란은 스크리닝 군과 호출군 모두에서 조기대응팀 의뢰 사유 중 가장 높은 빈도로 나타나 기존 연구결과와 일치하였다[15,16,25]. 따라서 호흡곤란과 패혈증/패혈성 쇼크와 같은 임상적 악화 상황을 의료진이 빠르게 인식하고 적절히 대처할 수 있도록 교육과 훈련이 필요하다.

의뢰 사유 중 호흡곤란에 비해 기타(의료진의 악화 우려 등) 조건에 의해 활성화된 경우에 비계획적 중환자실 입실률이 낮은 것으로 나타난 점은 2단계 대응체계의 효과가 적었다는 선행연구결과[26]를 지지하고 있다. 2단계 대응체계는 기존 조기대응팀 호출 기준보다 민감도를 더 높여 1단계 호출 기준으로 적용하고, 'parent team'이라 불리는 팀이 환자를 확인한 뒤 조기대응팀이 필요하다고 판단될 때 2차적으로 조기대응팀 활성화가 이루어지도록 한 것이다. 적용 결과, 조기대응팀 활동 후 중환자실에 입실한 환자들 중 혈압 저하, 비정상적인 호흡 등에 의한 조기대응팀 활성화 비율이 증가하였고 의료진의 악화 우려나 갑작스런 의식 변화에 의한 활성화 비율이 감소하였다. 조기대응팀 호출 기준 중 의료진의 악화 우려에 의해서만 활성화된 경우는 급성 악화 위험이 낮은 경향이 있다고 볼 수 있으므로, 악화 우려에 의해 호출된 경우에 활용할 수 있는 업무 프로토콜을 만들고 환자를 염려하는 의료진들과의 소통 및 교육을 시행하는 것이 효율적인 조기대응팀 활동에 도움이 될 것이다.

입원 환자의 상태 악화는 많은 경우 악화 징후를 보이며 점진적으로 변화하고, 갑작스럽게 악화되는 것이 아니라 갑작스

럽게 발견되는 것이다[6]. 간호사는 지속적인 환자 감시를 하는 중요한 역할을 맡고 있으며, 환자의 상태 악화 시 조기 발견 및 즉각적인 개입을 해야 하는 최전선에 위치해 있다[27]. 스크리닝 프로그램을 이용한 조기대응팀의 스크리닝은 병동 간호사가 환자의 활력 징후 또는 불안정한 상태를 전산에 기록한 뒤에야 가능하며[15], 의뢰 기준을 만족하는 활력 징후가 입력되어도 조기대응팀 간호사가 스크리닝 자료를 발견하지 않으면 알 수 없다는 장애 요인이 있다. 조기경고점수도 지연된 활성화를 보완하기 위해 도입되었으나 간호사들이 활력징후를 기록하여야 확인 가능하다는 점이 한계로 지적된다[22,28]. 결국 환자들의 상태 변화를 적시에 발견하고 효과적인 조기대응을 하기 위해서는 환자들을 직접 관리하는 간호사들의 악화 환자에 대한 이해가 필수적이다[29]. 병동에서 발생하는 임상적 악화 환자들을 구조하기 위해 조기대응시스템이 만들어지고, 임상적 악화 징후를 조기에 발견하기 위해 각종 시스템적 보완이 시도되었지만 환자를 침상 곁에서 간호하는 병동 간호사들의 협조 없이는 온전한 조기대응이 이루어질 수 없다. 그러므로 조기대응팀은 입원 환자들의 상태 변화를 적시에 발견하기 위해 병동 간호사들의 인식과 태도 개선을 위해 노력해야 할 것이다.

본 연구는 조기대응팀의 활성화 유형에 따른 비계획적 중환자실 입실률 비교를 통해 스크리닝 프로그램의 효과를 확인하였고, 향후 국내 조기대응팀의 스크리닝을 통한 조기대응팀 활동 및 관리에 기초자료를 제공한다는 점에서 의의가 있다. 그러나 본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구결과는 일개 대학병원의 조기대응팀이 활성화된 환자들만을 대상으로 한 결과이므로 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 본 연구는 조기대응팀이 9시간 운영된 경우를 대상으로 하였으므로 조기대응팀이 운영되지 않는 심야시간 및 주말에 발생할 수 있는 사례가 포함되지 않은 것이 제한점이라 할 수 있다.

## 결론 및 제언

본 연구는 일개 대학병원 조기대응팀의 2년 간의 활동을 분석하여 활성화 유형에 따른 비계획적 중환자실 입실률을 비교한 후향적 조사연구이다. 539명의 자료를 분석한 결과, 조기대응팀의 스크리닝 군이 스크리닝을 통한 조기대응팀 활성화가 의료진의 호출에 비해 비계획적 중환자실 입실률이 유의하게 낮은 것으로 나타나 조기대응팀의 스크리닝 활동이 효과적으로 수행되고 있음을 확인하였다.

본 연구결과를 바탕으로 다음과 같이 제언한다. 교육 측면에

서는 일반 병동 환경에서의 중환자 간호에 대한 훈련이 필요하며, 그 중에서도 조기대응팀 활성화 빈도가 높았던 내과계 간호사가 우선적으로 고려되어야 한다. 병동 환경에서의 중환자는 비계획적 중환자실 입실률이 높았던 ‘폐혈증’, ‘쇼크’, ‘호흡 곤란’ 환자들로 볼 수 있으며 이러한 임상적 악화 상황 이전에 진행되는 증상(조기대응팀의 호출 기준)에 대한 지속적인 교육이 필요하다. 실무 측면에서는 조기대응팀을 활성화시키는 의뢰 사유들 중 활성화 빈도는 높지만 비계획적 중환자실 입실률은 낮았던 ‘대사성 산증’, ‘의료진의 악화 우려’ 항목에 대한 조기대응팀 업무 프로토콜을 개발하는 것이 조기대응팀 활동의 효율 강화에 도움이 될 것이다. 또한 의료진들이 환자 상태가 염려되어 조기대응팀을 호출하는 빈도가 높았으므로 호출 기준보다 더 민감한 기준을 적용하여 활성화 전단계에 조기대응팀 간호사가 환자를 확인하고 정기적인 순회를 하는 등의 적극적인 활동을 할 것을 제안한다. 연구 측면에서는 본 연구에서처럼 조기대응팀 활성화 유형에 따른 효과를 확인하고 분석할 수 있는 전향적 추적 관찰 연구와 조기대응팀 활성화 빈도가 높았던 내과계 환자들의 상태 악화를 더 민감하게 감별할 수 있는 추가적인 지표가 있을지 확인하는 연구를 제안하는 바이다.

## CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

## AUTHORSHIP

Study conception and design acquisition - HYJ, MS, SEK and KM; Data collection - HYJ; Analysis and interpretation of the data - HYJ, MS, SEK and KM; Drafting and critical revision of the manuscript - HYJ and MS.

## ACKNOWLEDGEMENT

This article is a condensed form of the first author's master's thesis from University of Ulsan.

## REFERENCES

- Lee JR, Choi HR. Analysis of risk factors to predict intensive care unit transfer in medical in-patients. *Journal of Korean Biological Nursing Science*. 2014;16(4):259-66. <https://doi.org/10.7586/jkbns.2014.16.4.259>
- Hu SB, Wong DJ, Correa A, Li N, Deng JC. Prediction of clinical deterioration in hospitalized adult patients with hematologic malignancies using a neural network model. *PLoS One*. 2016;11(8):e0161401. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161401>
- Hillman KM, Bristow PJ, Chey T, Daffurn K, Jacques T, Norman SL, et al. Duration of life-threatening antecedents prior to intensive care admission. *Intensive Care Medicine*. 2002;28(11):1629-34. <https://doi.org/10.1007/s00134-002-1496-y>
- DeVita MA, Braithwaite RS, Mahidhara R, Stuart S, Foraida M, Simmons R. Use of medical emergency team responses to reduce hospital cardiopulmonary arrests. *BMJ Quality & Safety*. 2004;13(4):251-4. <https://doi.org/10.1136/qshc.2003.006585>
- Brydges N, Mundie T. Rapid Response Team (RRT) in critical care. *Oncologic Critical Care*. 2020;87-94. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74588-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74588-6_9)
- DeVita MA, Hillman K, Bellomo R, Odell M, Jones DA, Winters BD, et al. *Textbook of rapid response systems: concept and implementation*. Switzerland: Springer; 2017.
- Solomon RS, Corwin GS, Barclay DC, Quddusi SF, Dannenberg MD. Effectiveness of rapid response teams on rates of in hospital cardiopulmonary arrest and mortality: a systematic review and meta analysis. *Journal of Hospital Medicine*. 2016; 11(6):438-45. <https://doi.org/10.1002/jhm.2554>
- Maharaj R, Raffaele I, Wendon J. Rapid response systems: a systematic review and meta-analysis. *Critical Care*. 2015;19(1):254. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0973-y>
- Kim Y, Lee DS, Min H, Choi YY, Lee EY, Song I, et al. Effectiveness analysis of a part-time rapid response system during operation versus nonoperation. *Critical Care Medicine*. 2017;45(6):e592-9. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002314>
- Kwak HJ, Yun I, Kim SH, Sohn JW, Shin DH, Yoon HJ, et al. The extended rapid response system: 1-year experience in a university hospital. *Journal of Korean Medical Science*. 2014; 29(3):423-30. <https://doi.org/10.3346/jkms.2014.29.3.423>
- Park Y, Ahn JJ, Kang BJ, Lee YS, Ha SO, Min JS, et al. Rapid response systems reduce in-hospital cardiopulmonary arrest: a pilot study and motivation for a nationwide survey. *Korean Journal of Critical Care Medicine*. 2017;32(3):231-9. <https://doi.org/10.4266/kjccm.2017.00024>
- Reardon PM, Fernando SM, Murphy K, Rosenberg E, Kyere-manteng K. Factors associated with delayed rapid response team activation. *Journal of Critical Care*. 2018;46:73-8. <https://doi.org/10.1016/j.jcrr.2018.04.010>
- Barwise A, Thongprayoon C, Gajic O, Jensen J, Herasevich V, Pickering BW. Delayed rapid response team activation is associated with increased hospital mortality, morbidity, and length of stay in a tertiary care institution. *Critical Care Medicine*. 2016;44(1):54-63. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001346>
- Subbe CP, Kruger M, Rutherford P, Gemmel L. Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions. *QJM*. 2001;94(10):521-6. <https://doi.org/10.1093/qjmed/94.10.521>
- Huh JW, Lim CM, Koh Y, Lee J, Jung YK, Seo HS, et al. Activation of a medical emergency team using an electronic medical

- recording-based screening system. *Critical Care Medicine*. 2014;42(4):801-8.  
<https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000031>
16. Joo H, Park SH, Hong SB, Lim CM, Koh Y, Lee YS, et al. Usefulness of screening criteria system used by medical alert team in a general hospital. *Korean Journal of Critical Care Medicine*. 2012;27(3):151-6.  
<https://doi.org/10.4266/kjccm.2012.27.3.151>
  17. Bapoje SR, Gaudiani JL, Narayanan V, Albert RK. Unplanned transfers to a medical intensive care unit: causes and relationship to preventable errors in care. *Journal of Hospital Medicine*. 2011;6(2):68-72. <https://doi.org/10.1002/jhm.812>
  18. Smith GB, Prytherch DR, Meredith P, Schmidt PE, Featherstone PI. The ability of the National Early Warning Score (NEWS) to discriminate patients at risk of early cardiac arrest, unanticipated intensive care unit admission, and death. *Resuscitation*. 2013;84(4):465-70.  
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.12.016>
  19. McNeill G, Bryden D. Do either early warning systems or emergency response teams improve hospital patient survival? A systematic review. *Resuscitation*. 2013;84(12):1652-67.  
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.08.006>
  20. Mitchell I, McKay H, Van Leuvan C, Berry R, McCutcheon C, Avarad B, et al. A prospective controlled trial of the effect of a multi-faceted intervention on early recognition and intervention in deteriorating hospital patients. *Resuscitation*. 2010;81(6):658-66.  
<https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.03.001>
  21. Smith MB, Chiovaro JC, O'Neil M, Kansagara D, Quiñones AR, Freeman M, et al. Early warning system scores for clinical deterioration in hospitalized patients: a systematic review. *Annals of the American Thoracic Society*. 2014;11(9):1454-65.  
<https://doi.org/10.1513/annalsats.201403-102oc>
  22. Fletcher GS, Aaronson BA, White AA, Julka R. Effect of a real-time electronic dashboard on a rapid response system. *Journal of Medical Systems*. 2018;42(1):5.  
<https://doi.org/10.1007/s10916-017-0858-5>
  23. Zografakis-Sfakianakis M, De Bree E, Linardakis M, Messaritari A, Askitopoulou H, Papaioannou A, et al. The value of the modified early warning score for unplanned intensive care unit admissions of patients treated in hospital general wards. *International Journal of Nursing Practice*. 2018;24(3):e12632.  
<https://doi.org/10.1111/ijn.12632>
  24. Sutherasan Y, Theerawit P, Suporn A, Nongnuch A, Phanachet P, Kositchaiwat C. The impact of introducing the early warning scoring system and protocol on clinical outcomes in tertiary referral university hospital. *Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2018;14:2089-95.  
<https://doi.org/10.2147/tcrm.s175092>
  25. Taenzer AH, Pyke JB, McGrath SP. A review of current and emerging approaches to address failure-to-rescue. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists*. 2011;115(2):421-31.  
<https://doi.org/10.1097/aln.0b013e318219d633>
  26. Aneman A, Frost SA, Parr MJ, Hillman KM. Characteristics and outcomes of patients admitted to ICU following activation of the medical emergency team: impact of introducing a two-tier response system. *Critical Care Medicine*. 2015;43(4):765-73.  
<https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000000767>
  27. Padilla RM, Urden LD, Stacy KM. Nurses' perceptions of barriers to rapid response system activation: a systematic review. *Dimensions of Critical Care Nursing*. 2018;37(5):259-71.  
<https://doi.org/10.1097/dcc.0000000000000318>
  28. Subbe CP, Duller B, Bellomo R. Effect of an automated notification system for deteriorating ward patients on clinical outcomes. *Critical Care*. 2017;21(1):52.  
<https://doi.org/10.1186/s13054-017-1635-z>
  29. Le Lagadec MD, Dwyer T. Scoping review: the use of early warning systems for the identification of in-hospital patients at risk of deterioration. *Australian Critical Care*. 2017;30(4):211-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.aucc.2016.10.003>