

[Research Paper]

특수재난 대응 환자 격리 이송 장비의 효율성 및 편의성 평가: 마네킹시뮬레이션 연구

김기홍 · 홍기정[†] · 함승희* · 최진우*

서울대학교병원 응급의학과, *서울시립대학교

Efficacy and Usability of Patient Isolation Transport Module for CBRN Disaster : A Manikin Simulation Study

Ki-Hong Kim · Ki-Jeong Hong[†] · Seung-Hee Haam* · Jin-Woo Choi*

Seoul National University Hospital, Department of Emergency Medicine, *University of Seoul

(Received April 17, 2018; Revised May 15, 2018; Accepted May 15, 2018)

요 약

본 연구의 목적은 개발 중인 화학, 생물학, 방사능 및 원자력 특수재난 대응 격리 이송 장비의 효율성과 사용 용이성을 평가하는 것이다. 상기 개발 장비는 자체 개발한 격리, 이송, 환자 감시 모듈을 통합하여 제작하였다. 응급구조사를 대상으로 한 마네킹을 이용한 무작위 교차 실험(또는 시뮬레이션)연구이며, 모든 연구대상자는 기존 장비와 특수재난 대응 격리 이송 장비의 시제품을 교대로 사용하였다. 생체신호 변화 검출 소요 시간과 치료 적용 소요 시간으로 효율성을 평가하였고 각 감시장치, 이송카트, 격리 장치 편의성에 대한 설문조사를 통해 사용 편의성으로 평가하였다. 총 12명의 응급구조사가 연구에 참여하였고 특수재난 대응 격리 이송 장비 군의 저산소증 검출 시간이 3.5초(2.5-3.9)로 기존 장비군의 4.9초(3.8-3.9)보다 유의하게 짧았다($p < 0.05$). 심전도 변화 감지 소요 시간 및 안면 마스크 산소 공급 소요 시간의 감소 경향은 있었으나 통계적 유의성은 관찰되지 않았다. 특수재난 대응 격리 이송 장비 군의 환자 감시 장치의 전반적 만족도도 특수재난 대응 격리 이송 장비 군이 4점(3.5-5)으로 기존 장비군의 3점(3-3)에 비해 높았다($p < 0.05$). 특수재난 대응 격리 이송 장비 사용군이 저산소증 검출 시간이 짧았으며 기존장비에 비해 환자 감시 장치의 전반적 만족도가 높은 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) disaster, integrated and optimized equipment package including stretcher, isolation unit, patient monitoring and treatment equipment is essential to achieve proper treatment and prevent secondary contamination. The purpose of this study was to evaluate the efficiency and ease of use of integrated CBRN disaster equipment package for disaster medical response. This study was a randomized crossover study using a manikin simulation for emergency medical technician (EMT). All participants used the existing devices and prototype of integrated CBRN disaster equipment package alternately. Efficiency was measured by time from vital sign change to detection or treatment application. Ease of use was measured by questionnaires for each patient monitor, stretcher care and isolation unit. 12 EMTs were enrolled. hypoxia-detection time of integrated equipment group was significantly shorter than existing equipment group (4.9 s (3.8-3.9) vs 3.5 s (2.5-3.9), $p < 0.05$). There was decreasing tendency of ECG change detection and facial mask oxygen supply but no statistical significance was observed. Overall satisfaction of patient monitoring device in integrated equipment group was significantly higher than existing devices (4(3.5-5) vs 3(3-3), $p < 0.05$). The use of integrated CBRN disaster equipment package shortened the hypoxia detection time and improved usability of vital sign monitor compared to existing devices.

Keywords : Disaster, Patient isolation, Transport Stretchers, Patient monitoring device, Efficiency

[†] Corresponding Author, E-Mail: emkjhong@gmail.com, TEL: +82-2-2072-0294, FAX: +82-2-741-7855

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서론

건축물의 대형화 및 인구의 빈번한 이동, 사회적 갈등의 증가로 인위적 위험요소가 증가 하게 되며 인위재난의 빈도와 규모가 증가하고 있다⁽¹⁾. 화재방 및 핵물질(Che-mical, Biological, Radiological and Nuclear; CBRN)에 의한 특수재난은 발생 빈도는 낮으나 발생 시에 큰 사회적 피해를 일으킬 수 있다⁽²⁾. 국내의 경우 2012년 구미 불산 누출사고로 인해 23명의 사상자가 발생하였고, 사고 이후 소요된 복구비용은 554억 원에 달했다⁽³⁾.

화재방 특수재난 대응은 재난에 의해 발생한 환자에 대한 인명구조와 응급처치와 함께 위험 물질의 확산 및 2차 오염의 방지가 동시에 이루어져야 한다⁽⁴⁾. 이를 위하여 재난 현장을 오염도에 따라 구역화하고 오염물질의 탐지, 채취, 수거, 제염 및 오염 환자의 격리와 같은 추가적인 현장 처치가 필요하다^(5,6). 따라서 화재방 특수 재난 대응 구급 장비는 일반적인 응급처치 장비에 추가적으로 오염 환자의 격리, 제독, 오염물질의 탐지와 같은 복합적인 기능이 필요하다. 하지만 현재 사용 중인 구급 장비는 이송 침상, 격리 이송 부분, 환자 감시 장비 등이 각각 개별적으로 개발되어 현장에서 응급 처치나 환자 이송에 제한점이 있다. 또한 현장 응급의료종사자가 개인보호복을 착용한 상태로 현장 응급 처치를 제공해야 하여 장비의 이용 편의성이 중요하다.

본 연구에서는 개발 중인 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비가 기존의 개별 환자 감시 장비, 격리 장비, 이송 침상을 사용하는 경우에 비해 환자 감시 및 처치의 효율성을 높이고, 재난의료 종사자의 편의성을 향상시키는지 평가하고자 한다.

2. 본론

2.1 대상과 방법

2.1.1 연구 설계

본 연구는 서울 소재 1개 응급의료센터에 근무하는 응급구조사를 대상으로 시행한 무작위 배정 교차실험(randomized cross-over study) 이자 마네킹을 이용한 시뮬레이션 실험으로 설계되었다. 본 연구는 연구주관기관의 연구윤리위원회의 심의를 통과하였고, 참여자의 동의를 받아 실험을 진행하였다(서울대학교병원, IRB No.1711-127-901).

2.1.2 연구 대상

연구 대상자는 응급의료센터 1개소에 근무하며 1급 응급구조사 자격을 갖춘 만 18세 이상의 성인 남녀를 대상으로 모집하였다. 실험 대상자는 본 연구의 진행 절차에 대한 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 참가 여부를 결정하였으며, 근골격계 및 기타 질환에 대하여 과거 및 현재 치료증으로 구급 술기에 적합하지 않은 자는 제외하였다.

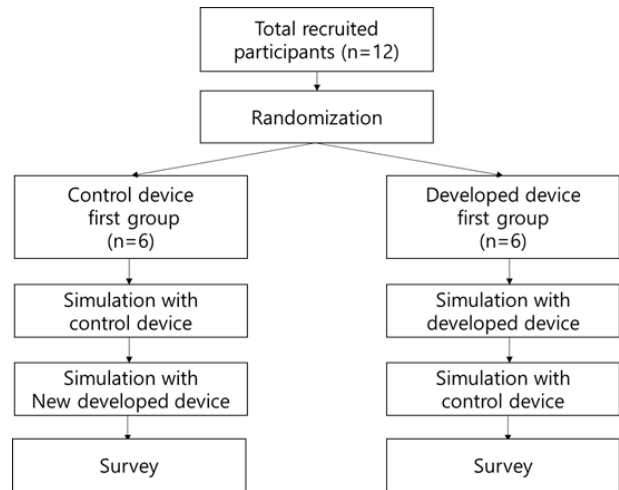


Figure 1. Flow chart of study simulation.

2.1.3 시뮬레이션 절차

연구대상자를 무작위 배정을 통하여 기존 상용 장비를 먼저 이용한 상용 장비군과 신규 개발된 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비를 먼저 사용한 개발 장비군으로 나누었다(Figure 1). 각 군은 2인 1조로 구성원을 나누어 모의환자 이송을 진행하였다. 일차 모의환자 이송을 진행한 후, 사용 제품을 바꾸어 1차례 더 동일한 모의환자 이송을 진행하였다. 시뮬레이션 전 30분간 시뮬레이션 절차 및 기존 상용 장비와 개발 장비에 포함된 환자 이송장비 부분, 환자 격리장비 부분, 환자 감시장비 부분의 사용법을 교육하였다. 이송 중 환자 상태 변화시 연구대상자가 연구자에게 “산소포화도 감소하였습니다”, “심전도 변화하였습니다.” 라고 보고하도록 하였다. 시뮬레이션 프로토콜에 대한 교육 중 측정변수는 맹검하였다.

연구대상자 2인이 Level-C 개인보호장구(Personal protective equipment; PPE)을 착용 한 상태에서 침상 위에 놓여있는 모의환자 마네킹을 격리이송장비 내부로 옮긴 후 심전도와 산소 포화도를 측정하고 비강 케놀라를 적용하였다. 이후 격리 부분을 밀폐하고 환자 상태를 감시하며 5분간 지정된 경로에 따라 이송하였다. 이송 중 무작위의 시각에 산소포화도가 70%로 2차례 감소하게 하였고, 심전도를 정상 리듬에서 심실세동으로 1차례 변화시켰다. 시뮬레이션은 전신 사이즈 마네킹을 이용하였고, 기존 장비와 개발 장비의 환자 감시 장비 화면은 태블릿 컴퓨터(iPAD air2, Apple Inc.)를 부착하여 Vital sign simulator 1.4.3 (Florian schwander, Switzerland)로 조작되는 화면을 송출하도록 하였다. 환자 감시 장비 화면에는 심전도 그래프와 맥박, 산소 포화도가 표시되었다. 1,2차 환자 이송을 마친 후 각각 사용한 장비에 대한 설문지를 작성하였다. 본 시뮬레이션은 너비 100 m 폭 100 m 이상의 공간을 갖춘 실내에서 2017년 12월 28일 오전 11시부터 오후 5시까지와 2017년 12월 29일 오후 3시부터 5시까지로 나누어 진행하였다(Figure 2).

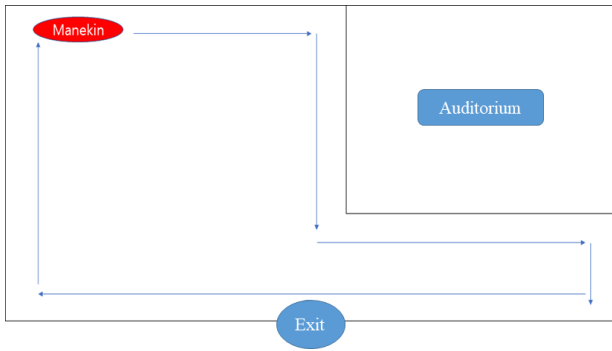


Figure 2. Experimental diagram.

2.1.4 사용 장비

본 연구진에서 개발 중인 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비를 개발 장비군으로 이용하였다. 개발 장비는 격리장비, 이송장비, 환자감시장비로 구성되어 있다. 이송 장비는 길이 2.4 m이며 높이는 50 cm에서 1.3 m까지 전동 모터를 이용하여 조절 할 수 있도록 설계되어있으며, 재난 현장에서 이동성을 확보하고 구조자의 부담을 최소화하도록 설계되었다. 환자 감시 측면에서, 전면에 8.4 Inch TFT LCD 가지고 있으며 320 mm×150 mm×220 mm 의 크기로 산소포화도 혈압, 심전도, 호기말 이산화 탄소농도를 표시 할 수 있어 이송 중에도 환자의 상태 변화를 감시할 수 있도록 조작부인 환자 머리 측에 결합된다. 또한 일체형 양음압 격리장치를 이송침상에 결합하고, 양음압기와 위험물질 감지기가 수납될 수 있도록 제작하였다. 격리장비는 길이 1950 mm×폭 600 mm×높이 600 mm의 크기로 양측 좌,

우측 4개의 글러브 포트(Glove Port)가 있으며 양 측면 중앙 부에 각각 1개씩 포트가 위치해 있으며, 환자의 다리 쪽에 양음압기 장착을 위한 2개의 연결장치가 위치하여 있다⁽⁷⁾.

상용 장비군은 격리 및 이송 장비로 CIB-2000S (NK-system, Japan) 제품을 사용하였으며, 감시 장비로 LIFEPAK15 (Zoll, USA)를 이용하였다^(8,9). 상용 장비의 화면은 이송장비의 측면에 위치한 양음압기 상단에 거치하였다(Table 1).

2.1.5 결과 변수 및 측정

1차 결과변수는 환자 감시 및 처치의 효율성 평가였다. 환자 감시는 산소 포화도 감소인지 시간과 심전도 변화 인지 시간으로 평가하였고 처치는 산소 처치 수행 시간으로 평가하였다. 산소포화도 감소 인지시간을 측정하기 위하여 이송 중 모의 환자의 산소포화도가 70%로 감소하는 사건을 임의로 2차례 발생시켰으며, 산소포화도 변화부터 피험자가 산소포화도 감소를 인지하여 “산소포화도 감소하였습니다”라고 알리는 구두보고경과시간을 측정하였다. 심전도 변화 인지 시간은 감시 장비의 심전도가 심실세동으로 변화한 후 피험자가 인지하여 “심전도 변화하였습니다”라고 알리는 구두보고경과시간으로 측정하였다. 산소 처치 수행 시간은 산소포화도 감소인지 시점으로부터, 비강캐놀라를 비재호흡마스크로 격리 부분 내부에서 교환 완료하는 시점까지의 시간으로 정의하여 측정하였다.

2차 결과 변수는 기존 장비와 개발 장비에 대한 사용 후 이용 편의성 비교로 하였다. 시뮬레이션 종료후 각 피험자에게 제품에 대한 주관적인 만족도를 평가하는 서면 설문지를 받아 평가하였다(Table 2). 설문 항목은 각각에 대하여 리커트 5점 척도(Likert scale) 로 평가하였고, 설문 항목

Table 1. Existing Equipment versus Integrated CBRN Disaster Equipment





Existing Equipment	Integrated CBRN Disaster Equipment
CIB-2000S (NK-system, Japan)	Patient Isolation Transport Unit for CBRN
	
LIFEPAK15 (Zoll, USA)	Patient Monitoring Unit for CBRN
	

Table 2. Questionnaires about Ease of Use

1. Strongly disagree 2. Disagree 3. Neutral 4. Agree 5. Strongly agree	
Patient monitoring unit	
Weight of monitoring unit was appropriate	1--2--3--4--5
Carrying monitoring unit was convenient	1--2--3--4--5
Operating monitoring unit was convenient	1--2--3--4--5
Fixation with stretcher was stable	1--2--3--4--5
Monitoring through unit was constant	1--2--3--4--5
Willingness to use this monitoring unit in field	1--2--3--4--5
Patient isolation unit	
Boarding patient into isolation unit was convenient	1--2--3--4--5
Observing patient through isolation unit was convenient	1--2--3--4--5
Providing procedure to patient through isolation unit was convenient	1--2--3--4--5
Maintenance of sealing patient was constant during procedure	1--2--3--4--5
Sealing patient was convenient	1--2--3--4--5
Willingness to use this isolation unit in field	1--2--3--4--5
Stretcher cart	
Transport patient by stretcher cart was convenient	1--2--3--4--5
Operating stretcher cart was convenient	1--2--3--4--5
Using stretcher cart weight fatigue	1--2--3--4--5
Driving stretcher cart was stable	1--2--3--4--5
Willingness to use this stretcher cart in field	1--2--3--4--5

Table 3. Characteristics of Study Participants

Characteristics	Total Participants (n=12)
Gender (male)*	5 (41.6%)
Age (years)†	28.6 ± 4.9
Experience of Disaster Occupation (yes)*	7 (58.3%)
Experience of Isolated Patients (yes)*	4 (41.7%)
Number of Experience†	1.3 ± 3.0

*n (%), †mean ± standard deviation

은 무게 적절성, 운반 편의성, 조작 편의성, 고정 안정성, 환자감시 연속성, 이용자 만족도 6가지 항목으로 이루어졌으며, 격리 부분은 환자운반 편의성, 내부 환자감시 용의성, 응급처치 수행 용의성, 기밀성, 밀폐 간편성, 이용자 만족도 6가지 항목으로 구성되었다. 이송 부분에 대하여 이송 편의성, 조작 간편성, 피로여부, 주행 안정성, 이용자 만족도 5가지 요소로 평가하였다.

2.1.6 통계 분석

연구대상자의 재난업무경험, 격리환자 이송경험, 격리환자 이송횟수를 기술적으로 분석하였다. 1차 결과 변수인 산소포화도 감소 인지시간 및 2차 결과변수인 심전도 변화 인지시간, 격리 부분내 처치 적용 시간 및 각각의 설문항목에 대한 결과를 중앙값, 1사분위값, 3사분위값으로 표시하였다. 1차 결과 변수와 2차 변수의 사용 장비에 따른 비교

분석을 위해서 signed rank sum test로 비교하였다. 전체 통계분석은 SAS 9.4로 시행하였다. 연구대상자의 표본 크기 추정은 기존 장비군의 사용에 비하여 개발 장비군의 사용이 환자 상태 변화 인지 시간을 1초 단축시킨다 가정하고 각 군의 표준편차가 0.75초라 가정할 때 유의 수준 0.05, 검정력을 0.80으로 계산하여 총 10명의 표본수가 필요함을 도출하였다. 시뮬레이션 과정의 탈락률을 고려하여 총 12명의 최종 표본 수를 산출하였다.

2.2 연구결과

20명의 응급 구조사가 참여을 지원하였고, 이중 근골격계 질환 과거력이 있는 8명을 제외한 총 12명의 1급 응급구조사가 본 연구에 참여하여 무작위 배정되었다. 참여대상자의 평균 연령은 28.6 ± 4.9세였으며, 7명(58%)이 재난 의료종사경험이 있었으며, 4명이 격리환자 이송경험을 가

Table 4. Time Intervals of Patient Assess and Oxygen Supply Between Preexistence Equipment Group and New Integrated CBRN Stretcher Cart Group

Time for Each Simulation Event (Unit: s)	Preexistence Equipment	CBRN Integrated Cart*	p-value
Detection of Hypoxia	4.9 (3.8-6.3)	3.5 (2.5-3.9)	< 0.05
Detection of ECG Change	5.7 (3.7-8.3)	3.3 (3.0-3.8)	0.09
Facial Mask Application	56.7 (45.0-87.0)	44.6 (39.0-47.1)	0.43

*Median (Inter-quartile range)

Table 5. Ease of use for Monitoring Device Between Preexistence Equipment Group and new Integrated CBRN Stretcher Cart Group

Variable	Preexistence Equipment*	CBRN Integrated Cart*	p-value
Appropriateness of Weight	3 (2-4)	4 (2.5-4)	0.47
Convenience of Carrying	3 (2.5-4)	4 (4-4.5)	0.13
Convenience of Operation	3 (3-4)	4 (3.5-4)	0.27
Stability of Fixation	2 (1-3.5)	4 (4-4.5)	< 0.05
Monitoring Continuity	4 (3-5)	4.5 (4-5)	0.16
Overall Satisfaction	3 (3-3)	4 (3.5-5)	< 0.05

*Median (Inter-quartile range)

Table 6. Ease of use for Isolation Unit Between Preexistence Equipment Group and New Integrated CBRN Stretcher Cart Group

Variable	Preexistence Equipment*	CBRN Integrated Cart*	p-value
Convenience of Boarding	3.5 (3-4)	3.5 (2-4)	0.25
Convenience of Inside Observation	3 (3-4)	4 (3-5)	0.13
Convenience of Procedure	2.5 (2-4)	3 (2.5-4)	0.39
Sealing Maintenance	3 (2-4)	4 (3-5)	0.19
Convenience of Sealing	2.5 (2-3.5)	3.5 (2-5)	0.38
Overall Satisfaction	3 (2-4)	4 (3-4)	0.33

*Median (Inter-quartile range)

지고 있었다(Table 3).

상용 장비군과 개발 장비군의 산소 포화도 감소 인지 시간과 심전도 변화 인지 시간, 산소 처치 수행 시간 비교하였다. 산소 포화도 감소 인지 시간은 기존장비 군(중앙값: 4.9 초, 1-3사분위수: 3.8 초-3.9 초)에 비해서 개발 장비군(중앙값: 3.5 초, 1-3사분위수: 2.5 초-3.9 초)에서 유의하게 감소되었다($p < 0.05$). 심전도 변화 인지 시간은 개발 장비군이 3.3 초(1-3사분위수: 3.0 초-3.8 초)로 상용 장비 사용 시 5.7 초(1-3사분위수: 3.7 초-8.3 초)에 비해 짧았으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 산소 처치 수행시간은 개발 장비군이 44.6 초(1-3사분위수: 39.0 초-47.1 초)로 기존 장비 사용군의 56.7 초(1-3사분위수: 45.0 초-87.0 초)에 비하여 짧았으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p = 0.43$)(Table 4).

상용 장비군과 개발 장비군의 이용 편의성에 대해 평가하였다. 환자 감시 부분에 대한 설문 결과, 전체적 만족도는 개발 장비가 유의하게 높았다. 세부항목에서는 고정 안

정성이 기존 장비에 비하여 유의하게 높았으며($p < 0.05$), (Figure 3A) 운반편의성 및 환자감시 연속성 역시 유의하지는 않았으나 더 높은 경향을 보였다(Table 5). 격리장비의 전반적인 만족도와 술기 편의성, 밀폐성 등 주요 항목은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6)(Figure 3B). 이송장비의 경우, 주행안정성의 중앙값이 개발 장비에서는 4 (3 - 3.5)점으로 기존 장비의 3(3 - 4)점보다 높았으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p = 0.30$). 이송부분의 전체 만족도는 양 장비에서 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 7)(Figure 3C).

2.3 고찰

본 연구는 화생방 특수재난에 대비하여 오염 환자의 이송, 감시 및 처치, 오염 물질의 탐지, 격리 기능을 위하여 환자 이송 장비, 환자 격리 장비, 환자 감시 장비 등이 통합적으로 개발된 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비의 효율성과 사용자 편의성을 평가하고자 하였다. 일반 응

Table 7. Ease of use for Stretcher Cart Between Preexistence Equipment Group and New Integrated CBRN Stretcher Cart Group

Variable	Preexistence Equipment*	CBRN Integrated Cart*	p-value
Convenience of Transport	3.5 (2.5-4)	4 (3-4.5)	0.41
Convenience of Operation	4 (3-4)	3 (2-4)	0.46
Fatigue	2.5 (2-4)	3 (2-4)	0.91
Driving Stability	3 (3-4)	4 (3-4.5)	0.17
Overall Satisfaction	3 (2.5-3.5)	3 (3-4)	0.38

*Median (Inter-quartile range)

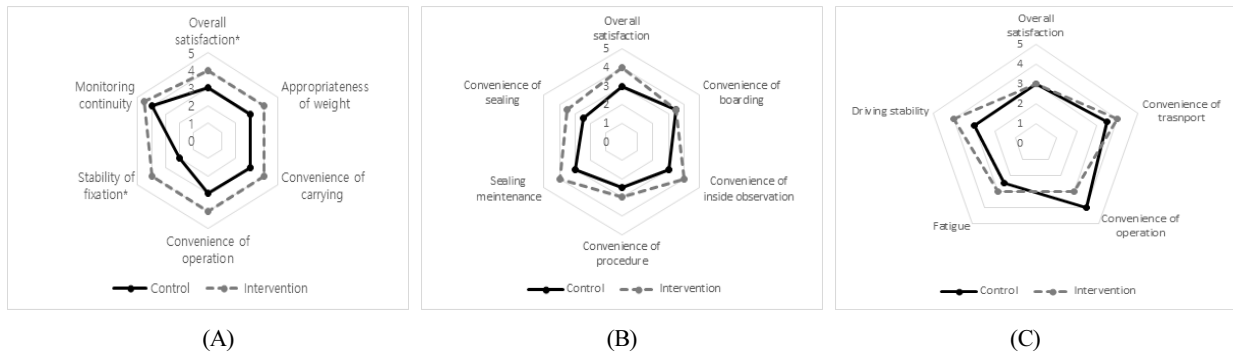


Figure 3. (A) Ease of use for monitoring device, (B) Ease of use for isolation unit, (C) Ease of use for stretcher.

급 상황용으로 제작되거나 개별 용도로 개발된 기존의 환자 감시 장비, 환자 이송 장비, 환자 격리 장비를 사용하는 경우에 비하여 환자 상태 감시 및 처치의 효율성과 이송의 편의성을 향상시키는 지 확인하였다. 연구 결과, 환자 감시 기능과 이송 기능이 합쳐진 개발 장비의 사용이 응급구조사의 산소포화도 변화 인지시간을 유의하게 단축시킴을 확인할 수 있었다. 이용 편의성 평가에서는 환자 감시 장비 부분의 만족도가 통계적으로 유의하게 높게 나타났다.

기존의 환자 감시 장비들은 환자 격리 이송 시에 사용하기 위해서, 격리장비 내부의 침상 위에 거치하거나, 환자 이송장비 측면에 결합하거나, 현장 구급대원이 장비를 들고 옮기는 방식을 취하고 있다. 본 개발 장비는 이송 침상의 조작부에 환자 감시 장비를 부착하여 이송방향과 동일한 시선 방향에서 환자 감시 화면이 위치하게 하였다. 그 결과, 이송 과정 중 기존 장비에 비하여 환자의 활력징후 변화를 인지하는데 소요되는 시간을 유의하게 단축시킴을 확인하였다. 설문 항목에서 환자감시장비 부분의 고정 안정성 측면에서 기존 장비에 비해서 높은 평가를 받았고, 전반적인 만족도가 상승하였다. 상기 개발 장비를 통해 특수 재난 현장에서 안정적인 환자 감시와 신속한 조치가 가능해질 것으로 판단되며, 환자의 예후의 향상을 기대할 수 있다.

특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비의 격리장비는 글러브 포트를 양측 4개씩 총 8개 설치하여 내부 환자 처치 소요시간을 단축시키고 편의성을 개선하고자 하였다. 연구 결과에서 실제 내부 환자의 처치 소요시간은 신규 개발 장비에서 짧은 경향성은 보이나 통계적 유의성을 보이

지 않았고, 이용 편의성 역시 기존 장비와 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 본 실험에서 시행한 환자 처치가 비강 캐놀라를 비재호흡마스크로 교환하는 비교적 간단한 술기여서 유의한 차이를 확인할 수 없었던 것으로 추측된다. 따라서 향후 기관내 삽관 및 정맥로 확보, 심폐소생술과 같이 난이도가 높은 술기를 포함한 추가적인 연구가 필요하다.

특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비의 이송장비는 전기 모터를 사용하며, 전자동높이 조절 기능과 전자동주행 기능이 탑재되어 있다. 본 연구에서 주행기능을 통하여 구조대원의 편의성을 향상시키고자 하였다. 하지만, 설문 평가에서는 이송 편의성이나, 조작 편의성 등에서 차이를 보이지 않았다. 본 연구의 시뮬레이션 환경이 주변 환경이 통제된 실내 평지에서 이루어져 전자동 이송의 장점이 구현되기 어려운 상황으로, 향후 야외 주행 및 구급차 탑재 등의 추가적인 과정이 포함된 시뮬레이션 수행이 필요하다.

화생방 특수재난에 대한 대응은 환자에 대한 인명구조와 응급처치, 구조자의 보호, 위험 물질의 확산 및 2차 오염의 예방을 동시에 달성하여야 한다^(5,6). 이를 위하여 구조자는 개인 보호장비를 착용하고, 환자 격리 장비, 탐지 장비, 이송 장비 등 다양한 특수 장비를 사용하여야 한다⁽¹⁰⁾. 화생방 특수재난에서 개인보호장구의 착용은 환자에게 필요한 응급 처치 수행의 난이도를 상승시키고, 기도 삽관, 정맥로 확보와 같은 술기의 성공률을 떨어뜨리고 소요시간을 늘리는 것으로 보고되었다⁽¹¹⁾. 에볼라 감염 환자의 격리 장비를 이용한 항공 이송에 대한 보고에서도 격리 이송장치가 환자 이송에 필수적이지만, 내부 환자 감시가 어렵고

처치 술기의 제한이 있음을 보고하였다⁽¹²⁾. 따라서 화생방 특수재난의 경우 구조자 현장에 최적화된 통합 장비의 개발과 사용 편의성의 개선이 필수적이다.

본 연구는 몇 가지 제한점들을 가지고 있다. 첫째, 본 연구는 화생방 특수 재난 현장의 시뮬레이션 연구로, 실제 특수재난 현장에서의 효율성이나 사용 편의성이 측정되지 못하였다. 재난 상황과 유사한 시뮬레이션 환경을 조성하기 위하여 연구 대상자에게 N95 마스크와 개인보호장구를 착용하여 재난 현장과 유사하게 구현하고자 하였으나, 환경적인 측면에서 장애물, 시야장애, 경사로와 같은 요소는 구현되지 못했다. 둘째, 본 연구는 교차실험 설계로서 시뮬레이션 순서, 학습 효과 등이 결과에 영향을 미쳤을 수 있다. 이를 극복하기 위해서 신규 장비와 개발 장비의 시뮬레이션 순서를 연구 대상자에게 무작위로 배정하였고, 각 시뮬레이션 사이에 1시간의 경과 시간을 두었다. 셋째 본 연구에서 사용된 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비는 개발 중인 단계로, 제세동 및 인공삼관 시뮬레이션은 기술적 문제로 수행하지 못하였다. 추후 최종 상용단계에서 다양한 재난상황을 상정하여 추가적인 실험 연구를 계획 중이다. 마지막으로 본 연구에는 장비 간의 성능 비교를 위해서 시뮬레이션 반응 속도만을 측정하였으나 정확한 장비의 장단점 평가 및 신뢰성 확인을 위해서는 추가적인 평가 도구의 적용이 필요하다.

3. 결 론

본 연구에서는 화학, 생물학, 방사선 및 원자력 특수재난 현장의 구급처치에 필요한 환자 격리 이송, 환자 감시 및 처치기능을 통합한 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비와 기존의 개별 장비의 사용에 대하여 환자 감시 및 처치 효율성과 사용 편의성을 시뮬레이션 연구를 통하여 비교하였다. 그 결과, 특수재난 대응 통합형 환자 격리 이송 장비가 기존의 개별 장비의 사용에 비하여 환자의 산소 포화도 저하 인지 시간을 단축하고, 환자 감시장비의 개선된 사용 편의성을 보였다.

후 기

본 연구는 소방청 소방안전 및 119 구조·구급기술연구 개발사업("NEMA-차세대-2014-54")의 연구비지원으로 수행되었으며, 관계제위께 감사드립니다.

References

1. L. Coleman, "Frequency of Man-made Disasters in the 20th Century", *Journal of Contingencies and Crisis Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 3-11 (2004).
2. A. Ramseger, M. B. Kalinowski and L. Weiß, "CBRN Threats and the Economic Analysis of Terrorism", *Economics of Security Working Paper* (2009).
3. <http://www.mois.go.kr>
4. H. Nozaki, S. Hori, Y. Shinozawa, S. Fujishima, K. Takuma, M. Sagoh, H. Kimura and T. Ohki, et al., "Secondary Exposure of Medical Staff to Sarin Vapor in the Emergency Room", *Intensive Care Medicine*, Vol. 21, No. 12, pp. 1032-1035 (1995).
5. L. G. J. Bhardwaj, "Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear Disaster Management", *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, Vol. 2, No. 3, p. 157 (2010).
6. NATO Civil Emergency Planning Civil Protection Group, "Guidelines for First Response to a CBRN Incident", NATO (2014).
7. J. Lee, J. Park, J. Park, S. Yang, Y. Joo and S. Shin, "Development and User Evaluation of a Unified Chemical, Biological and Radiological Hazard Detector", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 17, No. 3, pp. 165-171 (2017).
8. http://www.nihonika.co.jp/t/e_cib-2000s.htm Aa
9. <https://www.physio-control.com/ProductDetails.aspx?id=2147484979>
10. <https://www.llis.dhs.gov/knowledgebase/ael>
11. T. Kim, C. Kim, S. Shin and S. Haam, "Influence of Personal Protective Equipment on the Performance of Life-saving Interventions by Emergency Medical Service Personnel", *Simulation*, Vol. 92, No. 10, pp. 893-898 (2016).
12. J. M. Dindart, O. Peyrouset, R. Palich, A. Bing, R. Kojan, S. Barbe, S. Harouna and N. Blackwell, "Aerial Medical Evacuation of Health Workers with Suspected Ebola Virus Disease in Guinea Conakry-interest of a Negative Pressure Isolation Pod-a Case Series", *BMC Emergency Medicine*, Vol. 17, No. 9 (2016).