중증 외상환자의 병원 간 이송에 지상 이송의 효용과 Mobile Trauma Unit의 효과에 대한 연구

울산대학교 의과대학 울산대학교병원 권역외상센터, 외과

변은애 · 경규혁 · 김성집 · 금민애 · 박성균 · 김지훈

The Efficiency of Ground Transport and Efficacy of Mobile Trauma Unit on the Inter-Hospital Transfer of Severe Trauma Patients

Eunae Byun, M.D., Kyuhyouck Kyoung, M.D., Ph.D., Sungjeep Kim, M.D.,
Minae Keum, M.D., Sungkyun Park, M.D., Jihoon T. Kim, M.D., Ph.D.

Department of Surgery, Trauma Center, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, Ulsan, Korea

Purpose: The author's trauma center implemented Mobile Trauma Units (MTU), which are ground transportation automobiles constructed with advanced medical equipment, in an attempt to improve the survival rate of severe trauma patients. The purpose of this study was to examine the efficacy of MTU as a means of inter-hospital transfer of patients in urban environments.

Methods: Patients with an injury severity score (ISS) of 16 or more were enrolled in this study. The participants must also be patients who were transferred with the MTU in the 18 months between January 2017 and June 2018. To assess the survival probability, the revised trauma score (RTS), trauma and injury severity score (TRISS), and w-score were used as the outcome indices.

Results: Forty-four (86.3%) of the severe trauma patients with an ISS of 16 or more were male and 7 (13.7%) were female. The number of patients from the territory were 32 (62.7%), and patients from the others were 19 (37.3%). All the patients received their injury from blunt force trauma. The average time of from the scene of the accident to the trauma center was 176 minutes. In 13 deaths, 10 (76.9%) of the RTS values were below 4 points. Among the 51 patients, TRISS was more than 0.5 in 32 patients (62.7%). The w-score was 13.25 and the actual survival rate of a patient was 74.50%.

Conclusion: Ground transportation automobiles that use MTU for severe trauma patients in urban areas are more economically beneficial and more efficient. The survival rate while using MTU was also shown to be higher than that of medical helicopter transfers. (*J Acute Care Surg* 2019;9:12-17)

Key Words: Wounds and injuries, Transportation of patients, Emergency treatment

Correspondence to:

Jihoon T. Kim, M.D., Ph.D.
Department of Surgery, Ulsan
University Hospital, University
of Ulsan College of Medicine,
877 Bangeojinsunhwando-ro,
Dong-gu, Ulsan 44033, Korea
Tel: +82-52-250-7118
Fax: +82-52-250-8150
E-mail: 0733798@uuh.ulsan.kr
ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-1449-6786>

Received October 10, 2018, Revised October 16, 2018, Accepted October 16, 2018

Copyright © 2019 by Korean Society of Acute Care Surgery

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN 2288-5862(Print), ISSN 2288-9582(Online)

<https://doi.org/10.17479/jacs.2019.9.1.12>

서론

우리나라의 외상환자 예방가능 사망률은 2010년 35.2%로 미국, 일본 등의 응급의료 선진국의 10~15%에 비해 높은 편이다. 외상 전문 진료 체계를 도입을 통해 미국의 경우 외상환자의 사망률을 34%에서 15%로, 캐나다의 경우 52%에서 18%로, 독일의 경우 40%에서 20%로 감소시켰다. 외상 전문 진료 체계의 요건 중, 높은 외상 진료 수준과 전달 체계의 효율성은 필수적인 요소이다. 전달 체계의 효율성을 위해서는 외상의 중증도에 따라 적절한 수준의 병원으로 이송하는 것이 필요하다.

적절한 수준의 병원으로 이송하기 위해서는 이송에 대한 지침이나 기준이 있어야 하며 병원전 혹은 병원간 이송을 담당하는 이송체계 종사자들의 이송병원 선정능력이 있어야 한다. 하지만 현재 우리나라의 이송은 대부분 사고 발생지점과의 거리에 의해 결정되거나 환자나 보호자에 의해 비의학적으로 선택된다. 2006년 Ahn 등[1]이 발표한 연구에 따르면 우리나라의 응급환자 전원은 미국의 2배이고 이송 과정에서 57.4% (85명)가 부적절한 감시장치 및 처치를 받는다고 하며 동승인력이 없거나 비의료인이 동승한 경우가 45.3% (67명)라고 한다.

병원간 환자이송 측면에서 응급외상환자의 생존율 향상을 위해 본 센터는 Mobile Trauma Unit (MTU, ‘닥터카’)을 운영하였다. 본 센터는 2016년 12월부터 2017년 2월까지 시범적으로 주간에만 MTU를 운영하였고 이후 2017년 3월부터 365일 24시간 연중무휴로 운영하고 있다. 본 센터에서 운영하고 있는 MTU는 1차 후송병원에서 진료의사의 판단에 의해 외상센터의 집중치료가 필요하다고 판단되는 경우 1차 병원에서 본 외상 센터의 핫라인으로 연결하여 환자상태를 전달하고 이송을 요청하게 된다. 이송의 기준은 미국의 질병관리센터에서 2012년도 발표한 ‘Guidelines for Field Triage of Injured Patients’에서 중증 외상 의심 환자에 합당하며 일차 진료의사의 판단에 의해 외상센터에서의 진료가 필요하다고 판단되는 경우로 명시하고는 있으나 현재는 일차 진료의사의 판단에 전적으로 의존하고 있다. 출동 시에는 외상 전문의 1인과 외상 전문 간호사 1인이 한 조를 이루어 출동하며 환자의 중증도에 따라 의사 2인과 간호사 1인으로 출동하기도 한다. 출동 시에는 소생에 필요한 최소한의 장비를 가지고 출동하며, 기본적으로 일차병원의 장비와 설비를 이용하여 초기 소생 처치 및 손상 통제술을 시행하여 환자가 이송에 적합한 수준까지 소생시켜 이송을 시행하게 된다. 좀 더 빠른 전문외상처치를 환자에게 적용하여, 이송간에 발생할 수 있는 문제를 최대한 예방하고 이송 도중 발생하는 문제들을 적극적으로 해결하기 위해 노력하고

있다. 이에 이 경험을 바탕으로 중증외상환자의 이송에 있어 도심 환경을 고려한 병원간 환자 이송체계의 수단인 MTU의 결과를 일차 보고하고자 한다.

대상 및 방법

본 연구는 2017년 1월부터 2018년 6월까지 18개월 동안 MTU를 이용하여 타 병원에서 본 센터로 이송된 환자 중 injury severity score (ISS) 16점 이상의 환자만을 대상으로 하였다. ISS 16점 이상인 중증외상환자의 데이터는 Korean Trauma Data Bank에서 추출하여 분석하였다. 생존확률평가를 위해 revised trauma score (RTS), trauma and injury severity score (TRISS), w-score를 결과 지표로 사용하였다. w-score는 외상환자 진료의 질적 수준을 평가하기 위해 외상환자의 중증도를 보정한 후 초과생존의 크기를 나타낸다. 치료성적의 평가는 w-score로 나타내었다.

결과

2017년 1월부터 2018년 6월까지 MTU를 이용하여 본원으로 이송된 환자 중 ISS 16점 이상의 중증외상환자는 총 51명이고 그 중 남자는 44명(86.3%), 여자는 7명(13.7%)으로 남자의 비율이 높고 전체 환자의 평균연령은 51.7세이다(Table 1). 출동지역은 권역이 32명(62.7%), 기타지역이 19명(37.3%)이다. 손상기전은 모두 둔상(blunt)이었으며 추락이 20명(39.2%)으로 가장 많고 그 다음으로 교통사고 보행자가 12명(23.5%), 오토바이 사고가 11명(21.6%), 교통사고(운전자, 동승자)가 5명(9.8%)이다.

사고시간부터 다른 병원을 거쳐 MTU를 이용하여 본 센터 응급실에 도착하기까지 평균 176분이 걸렸으며, 51명의 환자 중 35.3%에 해당하는 18명의 환자가 응급수술을 받았고 51명 중 25.5%에 해당하는 13명의 환자가 이송 후 본원 응급실 또는 치료과정 중 사망하였다. 51명의 중증외상환자의 ISS 점수 별 분포를 보면 16에서 30점 사이가 27명(52.9%), 30에서 40점 사이가 11명(21.6%), 50점을 넘는 환자는 7명(13.7%)이다(Table 1). 계산한 RTS, TRISS, w-score값은 Table 2와 같다. 38명의 생존자 내에서 RTS값은 34명(89.5%)이 4점을 초과하였고 13명의 사망자 내에서 10명(76.9%)이 4점 이하였다. 51명 중증외상환자의 TRISS는 0.5 이상이 32명으로 62.7%이다. RTS, TRISS 값을 이용하여 계산한 w-score는 13.25이고 대상환자의 실제 생존율 74.50%이다(Table 3).

Table 1. Characteristics of study population

	Survivor	Death	Total
Sex			
Male	33 (86.8)	11 (84.6)	44 (86.3)
Female	5 (13.2)	2 (15.4)	7 (13.7)
Mean age (y)	57.89	41.15	51.75
Mechanism			
Fall down	17 (44.7)	3 (23.0)	20 (39.2)
Car accident	3 (7.9)	2 (15.4)	5 (9.8)
Motorcycle accident	9 (23.7)	2 (15.4)	11 (21.6)
Pedestrian accident	6 (15.8)	6 (46.2)	12 (23.5)
The others ^{a)}	3 (7.9)	0 (0.0)	3 (5.9)
Mean time from accident to hospital (min)	193.63	126.23	176.45
Surgery			
Yes	13 (34.2)	6 (46.2)	18 (35.3)
No	25 (65.8)	7 (53.8)	33 (64.7)
ISS			
20~35	30 (78.9)	5 (38.5)	35 (68.6)
≥36	8 (21.1)	8 (61.5)	16 (31.4)
GCS			
13~15	29 (76.3)	1 (7.7)	30 (58.8)
9~12	2 (5.3)	0 (0.0)	2 (3.9)
≤8	7 (18.4)	12 (92.3)	19 (37.3)
Initial SBP			
≥90	25 (65.8)	2 (15.4)	27 (52.9)
76~89	7 (18.4)	1 (7.7)	8 (15.7)
50~75	5 (13.2)	6 (46.2)	11 (21.6)
≤49	1 (2.6)	4 (30.7)	5 (9.8)

Values are presented as number (%) or number only.

ISS: injury severity score, GCS: Glasgow coma scale, SBP: systolic blood pressure.

^{a)}Cultivator injury, conveyor belt injury, slip down.

고찰

RTS는 외상환자의 생리학적 지표로 가장 널리 사용되는 것 중의 하나이다. RTS는 적용이 쉽기 때문에 병원 전 단계에서 환자 분류에 사용될 수 있으며, 중증의 두부손상환자를 보다 정확하게 평가할 수 있고, trauma score보다 환자의 진료결과를 정확하게 예측할 수 있다는 장점이 있어 널리 쓰이고 있다. RTS는 수축기 혈압(SBP: systolic blood pressure), 호흡수(RR: respiratory rate), 의식상태(GCS: glasgow coma scale)를 이용하여 계산한다 [2].

$$RTS=0.9368 \text{ (GCS)}+0.7326 \text{ (SBP)}+0.2908 \text{ (RR)}$$

Table 2. Revised trauma score, trauma and injury severity score

	Survivor	Death	Total
RTS			
<1	0 (0.0)	3 (23.1)	3 (5.9)
1~4	4 (10.5)	7 (53.8)	11 (21.6)
>4	34 (89.5)	3 (23.1)	37 (72.5)
Ps (TRISS)			
<0.5	8 (21.1)	11 (84.6)	19 (37.3)
≥0.5	30 (78.9)	2 (15.4)	32 (62.7)

Values are presented as number (%).

RTS: revised trauma score, Ps: probability of survival, TRISS: trauma and injury severity score.

Table 3. W-score

Total patients (n)	Survivors		W-score	Survival rate (%)
	Actual survivors (n)	Predictive survivors (n)		
51	38	31.24	13.25	74.50

TRISS는 외상환자의 중증도를 평가하는 데 있어서 생리학적 지표와 해부학적 손상지표를 한꺼번에 이용함으로써 사망확률 예측도를 높이는 대표적인 사망률 평가방법론이다. TRISS는 손상기전을 기준으로 둔기손상(blunt injury)과 관통상(penetrating injury)으로 구분하고, ISS와 RTS, 연령변수를 이용하여 로짓회귀 분석모형(logistic regression model)을 구축함으로써 외상환자의 생존확률을 예측하는 도구이다[3]. TRISS는 RTS와 ISS를 이용하여 계산하는 것으로 식은 아래와 같다. 동일한 중증도의 외상에 있어서 환자의 연령이 55세 이상인 경우 사망확률이 더 높기 때문에, 아래 식에서 55세 이상인 경우는 AGE=1이 되고, 55세 미만인 경우는 AGE=0이 된다.

$$\text{Probability of survival (Ps)}=1/(1+e^{-b})$$

$$e=2.7183$$

$$b=b_0+b_1 \times (RTS)+b_2 \times (ISS)+b_3 \times (AGE)$$

Blunt

$$b_0 = -0.4499$$

$$b_1 = 0.8085$$

$$b_2 = -0.0835$$

$$b_3 = -1.7430$$

RTS와 TRISS는 외상 환자들의 외상 중증도에 따른 전반적인

예후를 추정할 수 있고 환자의 생리학적 지표들을 예후에 반영함으로써 보다 정확한 예측을 가능하게 한 지표들이다. 이 지표를 기반으로 한 w-score는 절대값만을 가지고도 치료의 효과를 평가할 수 있는 지표로 이용되고 있다. 응급의료기관의 질적 수준을 평가하기 위한 목적으로 사용되는 통계량으로 보다 정확한 평가를 위해 조사대상 환자의 수에 의한 영향을 배제한 통계량이다. 실제 생존환자수(A)와 기존의 질적 표준에 근거한 기대 생존환자수(E)의 차이를 조사대상 환자 100명당(N/100)으로 표준화한 것이다. 즉, w-score는 실제 생존 환자 수와 확률상 예측되는 기대 생존 환자수의 차이이므로, w-score의 값이 클수록 해당 의료기관의 치료 수준이 높다고 평가할 수 있다. 생존율의 차이를 나타낸 수치라기보다 생존의 수의 절대값을 나타낸 것으로 통계적 차이를 나타내기보다는 w-score가 생존자의 수의 나타낸다. 그러므로 절대값의 작고 높음의 단순 비교로 치료 성적을 비교할 수 있는 수치이다.

w-score

$$W=(A-E)/(N/100)$$

$$E=\sum Ps(N)$$

A: number of observed survivals (조사 대상 환자 수 중 실제 생존 환자 수), E: number of expected survivals by the existing quality standard (조사 대상 환자 수 중 기대 생존 환자 수), N: total number of patients who visited all emergency medical facilities (조사 대상 환자 수)와 같이 사용하였다.

본 센터의 동일기간 전체 외상환자의 w-score가 1.16인 것을 비교하면, MTU를 이용해 병원 간 이송을 한 ISS 20점 이상의 중증외상환자의 w-score 13.25점이라는 결과는 상당히 고무적이라 할 수 있다. 하지만 w-score가 가지는 통계학적 한계는 분명하다. 전체 환자의 수가 적을수록 결과값이 높아지는 경향을 가지고 있다. 51명의 적은 환자를 대상으로 도출한 w-score가 과장되어 나타날 수 있기 때문에 해석에 있어서 그 점을 감안하여 주의해야 함은 분명하다. 하지만 이점을 감안하더라도 지상 이송의 장점들을 고려하면 그 효과에 대해서는 긍정적으로 바라볼 수 있을 것이다.

현재까지 알려진 가장 좋은 환자 이송 수단은 헬기이다. 여러 연구에서 전용헬기로 환자를 이송했을 때 생존율이 높아진다고 보고하고 있고 한 연구에서는 손상과 병원 요인을 보정한 뒤 생존율을 분석한 결과, 헬기로 이송한 환자의 경우 사망률이 24%까지 감소했다고 보고하였다[4]. 2012년 Galvagno 등[5]이 미국에

서 61,909명의 헬기로 이송된 환자들을 대상으로 보고한 연구에 따르면 중증도를 보정하여 대조군과 매칭했을 때 헬기로 이송한 환자의 생존율이 지상 이송한 환자에 비해 odds ratio 1.16; 95% CI 1.14~1.17; $p<0.001$ 로 더 높았다. 하지만 아직까지 우리나라에는 항공이송에 의한 중증외상환자의 생존율 향상 정도에 대한 공식적인 연구가 없다. 또한 Brathwaite 등[6]은 미국 주 단위 연구에서 헬기 이송과 Advanced Trauma Life Support를 시행할 수 있는 구급차를 비교하였을 때 헬기 이송이 생존향상의 예측변수로 볼 수 없다고 하였다. 네덜란드의 Frankema 등[7]도 헬기 이송의 'activation threshold'를 언급하며 소음이 심하고 제한된 공간에 착륙해야만 하는 등의 단점이 있어 네덜란드에서도 2~15%의 환자들만이 헬기로 이송된다고 한다.

헬기 이송이 최고의 환자이송수단이라고 생각하기 쉽지만 헬기 이송에는 몇 가지 제한점이 있다. 우선은 단거리 이송에 있어, 헬기의 경우 착륙을 위한 장소가 필요하기 때문에 사고 장소에서 착륙장까지 환자를 옮기는 시간이 추가되어야 하고 병원에 도착 해서도 환자를 헬기에서 내리는 과정이 필요하다. 2014년에 독일에서 발표한 논문에서도 독일, 네덜란드에서 헬기 이송과 지상 이송 간에 병원에 도착 당시 환자의 상태에 큰 차이가 없다고 밝히고 있다[8]. 2004년에 네덜란드에서 발표한 연구에서는 구급차로 20분이 초과하는 거리만 헬기 이송이 유리하다고 말하고 있다[7]. 또한 지상 이송에 비해 헬기 이송을 위해서는 많은 비용이 든다. 2013년에 발표한 한 연구에 따르면 헬기 이송이 비용대비 효과가 있으려면 적어도 17%의 사망률 감소를 가져와야 한다고 한다[9]. 하지만 현재까지 헬기 이송이 이만큼의 효과를 내고 있는지 명확한 자료가 없다. 그리고 닥터헬기는 2018년 5월을 기준으로 현재 전국의 7개 병원에서만 운용되고 있어 그 수가 턱없이 부족한 상황이며 중증외상환자 전용도 아니다. 헬기 내부가 협소하고 기상조건의 제약을 받으며 응급항공의료팀의 경우 항공안전교육을 의무적으로 받아야 하는 등 의료 장비 및 인력 확보가 어려운 문제가 있다. 헬기 이송 시 발생하는 엔진소음으로 의료진이 환자의 폐음을 청진할 수 없고 환자 역시도 고도에 따른 생리학적 변화를 겪을 수 있다. 예를 들어 고도가 올라가면 기도 삼관 튜브의 컵 내의 공기나 공기부목 내의 공기의 용적이 증가하여 여러 가지 문제를 일으키며 단순 기흉이 긴장성 기흉이 될 수 있다[10].

반면 여러 연구들에서 지상 이송의 장점을 제시하고 있다. 2016년 Tsuchiya 등[11]에 따르면 지상 이송에는 이미 여러 센터들에 의해 검증된 프로토콜들이 있다고 한다. 이 프로토콜에는 venous cannulation, crystalloid infusion, early defibrillation

endotracheal intubation without muscle relaxants 등이 포함되어 있다. 또한 소방 헬기의 경우 정부의 승인을 받는 등 실제적으로 헬기가 뜨기까지 많은 시간이 필요하지만 Lam 등[12]이 제시한 연구에 의하면 지상 이송의 경우 별도의 착륙장이 필요 없기 때문에 사고현장 및 1차병원에 접근하기 쉽고, 따라서 싱가포르의 경우 2015년에 약 8,000개의 출동 요청에서 8분 내 현장에 도착했다고 한다. 이는 2015년 한해 출동 요청의 5%에 해당 하는 수치이다. 마지막으로 지상 이송은 높은 고도로 인해 발생하는 환경적인 제약을 받지 않는다는 장점을 가지고 있다[13].

반면 구급차를 이용한 지상 이송은 도심환경에서 헬기가 가지는 여러 단점들을 극복할 수 있는 장점을 가지고 있다. 언제나 즉각적인 이용이 가능하며 착륙장을 필요로 하지 않고 병원간의 'door to door'가 가장 용이한 이송 수단으로 볼 수 있다. 시간적으로 헬기가 뜨는 데까지 걸리는 시간을 고려한다면 지상 이송을 이용한 단거리 환자 후송이 도심 환경에서 헬기에 비해 뒤진다고 할 수 없다. 본 센터는 이러한 헬기 이송의 여러 가지 제약점과 이에 반하는 지상 이송의 장점을 생각해보았을 때 효율성의 측면에서 지역 특성에 맞는 지상 이송에 더욱 관심을 가졌다. 본 센터가 위치한 울산은 지상 이송에 유리한 조건을 가지고 있다. 본 센터 반경 15 km 이내에 조선소, 자동차공장, 석유 화학 단지가 위치해 있고 울산 인구의 70% 이상이 이 좁은 지역에서 높은 인구밀도를 형성하고 있으며 외상 고위험군에 속하는 건설업과 제조업 근로자들이 17만명 가량 일하고 있다. 외상환자가 많이 발생할 수 밖에 없고 외상환자의 사망률 또한 상대적으로 높을 수 밖에 없는 구조이다. 또한 센터에서 가장 먼 병원이라고 해도 30 km가 넘지 않는다[14]. 이러한 환경 조건에 맞는 지상 이송에 외상전문의의 동승 및 직접이송이라는 요소를 더한 것이 MTU이다. 외상전문의가 동승하기 때문에 환자를 이송하는 과정에서 빠르고 정확한 소생술을 실시할 수 있으며 이송 중 치료계획을 수립하고 이송되는 병원에서도 미리 처치를 준비하고 있을 수 있기 때문에 환자의 생존율을 높이는데 기여할 수 있다. 일부 보고에 의하면 119 구급차로 이송된 환자에서 응급처치가 필요한 환자 중 41.5%에서만 응급처치가 이루어지고 있으며, 그마저도 그 중 45% 정도만이 적절한 응급처치를 받았다고 한다[15]. 이러한 결과를 보면 병원간 이송 중 외상전문의의 동행이 얼마나 중요한 지 알 수 있다.

권역 지역 내에서 MTU 이송에 걸린 시간(사고 후 본 센터 응급실 도착까지)은 평균 136분으로 일반 이송의 156분보다 짧았으며, 권역 외 지역도 259분으로 일반 이송의 297분에 비해 현저히 짧았다. 수술이나 중환자실로 가기 전 본원 응급실에서 체류하

는 시간도 MTU 이송이 일반 이송에 비해 짧아 전체적으로 사고 후 최종 치료까지의 시간은 울산 지역의 경우 49분, 울산 외 지역의 경우 62분 정도 시간 단축 효과가 있었다.

본 연구는 대조군이 없다는 제한점이 있다. 전체 외상환자에서 MTU의 효율을 입증하기 위해서는 적절한 대조군의 설정이 필요하지만 본 센터에서는 일차적인 경험을 바탕으로 그 효능을 점검하고자 했다. 향후 적절한 대조군 설정을 통해 전체 외상환자에서 MTU의 효능을 입증하는 연구가 필요하다. MTU의 활성화와 전문화를 위해서는 전문인력의 양성뿐 아니라 적절한 프로토콜이 필요하지만 현재는 초기 단계로, 저자들의 주관적인 판단만으로 후송을 결정하고 있어 향후 증거기반의 이송 기준과 프로토콜의 정립이 필요하다. 또한 병원 간 출동뿐 아니라 현장 출동에까지 그 영역을 확대하여 외상환자의 생존율을 높여야 한다.

도심지역의 중증외상환자 이송은 지상 이송이 헬기 이송에 비해 경제적이고 효율적이며 생존율도 더 높다. 숙련된 의료진이 병원원 단계부터 적극적으로 개입하는 MTU는 중증외상환자의 예후를 더욱 개선시킬 뿐 아니라 비용·효율 측면에서도 많은 이점을 가져올 것이다. 헬기 이송은 여러 측면에서 제약이 많기 때문에 MTU를 이용한 지상 이송이 헬기 이송의 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다. 추후에 적절한 대조군의 설정과 비교분석이 필요하며 추가적인 연구와 심도 있는 논의가 필요하다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Ahn KO, Hong JY, Kim Y, Jung KY. Appropriate inter-hospital transfer of emergent patients. J Korean Soc Emerg Med 2006;17:138-45.
2. Ha BM. Outcome analysis of trauma centers: variation and its factors [dissertation]. Seoul (KR): Seoul National University; 2006.
3. Domingues Cde A, Nogueira Lde S, Settevall CH, Sousa RM. Performance of trauma and injury severity score(TRISS) adjustments: an integrative review. Rev Esc Enferm USP 2015;49:138-46.
4. Thomas SH, Harrison TH, Buras WR, Ahmed W, Cheema F, Wedel SK. Helicopter transport and blunt trauma mortality: a multicenter trial. J Trauma 2002;52:136-45.
5. Galvagno SM Jr, Haut ER, Zafar SN, Millin MG, Efron DT, Koenig GJ Jr, et al. Association between helicopter vs

- ground emergency medical services and survival for adults with major trauma. *JAMA* 2012;307:1602-10.
6. Brathwaite CE, Rosko M, McDowell R, Gallagher J, Proenca J, Spott MA. A critical analysis of on-scene helicopter transport on survival in a statewide trauma system. *J Trauma* 1998;45:140-4; discussion 144-6.
 7. Frankema SP, Ringburg AN, Steyerberg EW, Edwards MJ, Schipper IB, van Vugt AB. Beneficial effect of helicopter emergency medical services on survival of severely injured patients. *Br J Surg* 2004;91:1520-6.
 8. Timm A, Maegele M, Lefering R, Wendt K, Wyen H; TraumaRegister DGU®. Pre-hospital rescue times and actions in severe trauma. A comparison between two trauma systems: Germany and the Netherlands. *Injury* 2014;45 Suppl 3:S43-52.
 9. Delgado MK, Staudenmayer KL, Wang NE, Spain DA, Weir S, Owens DK, et al. Cost-effectiveness of helicopter versus ground emergency medical services for trauma scene transport in the United States. *Ann Emerg Med* 2013;62:351-64.e19.
 10. Song HG. Emergency medical helicopter-ER in the sky. *J Korean Med Assoc* 2007;50:541-8.
 11. Tsuchiya A, Tsutsumi Y, Yasunaga H. Outcomes after helicopter versus ground emergency medical services for major trauma—propensity score and instrumental variable analyses: a retrospective nationwide cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2016;24:140.
 12. Lam SSW, Ng CBL, Nguyen FNHL, Ng YY, Ong MEH. Simulation-based decision support framework for dynamic ambulance redeployment in Singapore. *Int J Med Inform* 2017;106:37-47.
 13. Polikoff LA, Giuliano JS Jr. Up, Up, and away: aeromedical transport physiology. *Clin Pediatr Emerg Med* 2013;14:223-30.
 14. Choi KS, Yuh HK. A study on land use characteristics of the Ulsan civic center. *J Korean Urban Manag Assoc* 2015; 28:123-47.
 15. Han JH, Park JK, Kim GT. Impact of interhospital transfer in mortality of critically ill patients. *J Korean Soc Emerg Med* 2006;17:146-53.