

헬리콥터 응급의료서비스의 외상팀 탑승 여부와 외상환자의 생존율

김태연¹ · 이상아^{2,3} · 박은철^{3,4} · 허 요⁵ · 정경원⁵ · 권준식⁵ · 문종환⁵ · 김지영⁶ · 김주량⁶ · 황경진⁵ · 윤성근⁷ · 이국종⁵

¹경기도 보건정책과, ²연세대학교 대학원 보건학과, ³연세대학교 보건정책 및 관리연구소, ⁴연세대학교 의과대학 예방의학교실, ⁵아주대학교 의과대학 외과학교실 외상외과, ⁶아주대학교병원 권역외상센터, ⁷경기도 재난안전본부

Effectiveness of the Trauma Team-Staffed Helicopter Emergency Medical Service

Tea-youn Kim¹, Sang Ah Lee^{2,3}, Eun-Cheol Park^{3,4}, Yo Huh⁵, Kyoungwon Jung⁵, Junsik Kwon⁵, Jonghwan Moon⁵, Jiyoung Kim⁶, Juryang Kim⁶, Kyungjin Hwang⁵, Seong Keun Yun⁷, John Cook-Jong Lee⁵

¹Health Policy Division, Gyeonggi Province, Suwon; ²Department of Public Health, Yonsei University Graduate School; ³Institute of Health Services Research, Yonsei University; ⁴Department of Preventable Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul; ⁵Division of Trauma Surgery, Department of Surgery, Ajou University School of Medicine; ⁶South Gyeonggi Regional Trauma Center, Ajou University Hospital; ⁷Gyeonggi Disaster and Safety Headquarters, Suwon, Korea

Background: Whether there is a difference in outcomes for trauma patients transferring to the helicopter emergency medical service (HEMS) according to their previous team composition is controversial. The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of trauma team-staffed-HEMS (TTS-HEMS) when transferring to a trauma center.

Methods: A retrospective comparison was conducted on patients transported to a trauma center over a 6-year period by the TTS-HEMS and paramedic-staffed-HEMS (119-HEMS). Inclusion criteria were blunt trauma with age ≥ 15 years. Patient outcomes were compared with the Trauma and Injury Severity Score (TRISS) (30-day mortality) and the Cox proportional hazard ratio of mortality (in hospital).

Results: There were 321 patients of TTS-HEMS and 92 patients of 119-HEMS. The TTS-HEMS group had a higher Injury Severity Score and longer transport time but a significantly shorter time to emergency surgery. The prehospital data showed that the trauma team performed more aggressive interventions during transport. An additional 7.6 lives were saved per 100 TTS-HEMS deployments. However, the TRISS results in the 119-HEMS group were not significant. In addition, after adjusting for confounders, the hazard ratio of mortality in the 119-HEMS group was 2.83 times higher than that in the TTS-HEMS group.

Conclusion: HEMS was likely to improve the survival rate of injured patients when physicians were involved in TTS-HEMS. Survival benefits in the TTS-HEMS group appeared to be related to the fact that the trauma team performed both more aggressive prehospital resuscitation and clinical decision making during transportation.

Keywords: Helicopter emergency medical service; Injury; Injury Severity Score; Trauma centers

서 론

헬리콥터는 지상으로 접근하기 어려운 지역에도 출동할 수 있고, 빠른 속도를 이용하여 먼 거리의 의료기관으로 직접 이송이 가능

할 뿐 아니라 숙련된 의료팀을 투입하여 사고현장과 이송과정에서도 전문치료를 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다[1].

헬리콥터 응급의료서비스(helicopter emergency medical service, HEMS)가 중증외상환자의 생존율에 미치는 영향에 대하여

Correspondence to: John Cook-Jong Lee

Division of Trauma Surgery, Department of Surgery, Ajou University Hospital, Ajou University School of Medicine, 164 World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16499, Korea
Tel: +82-31-219-7789, Fax: +82-31-219-7781, E-mail: ajoutraumacenter@gmail.com

Received: July 31, 2018 / Revised: August 11, 2018 / Accepted after revision: August 21, 2018

© Korean Academy of Health Policy and Management

© 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.

1983년에 처음 보고된 이후 많은 연구를 통해 헬리콥터로 이송된 중증외상환자의 사망률이 현저하게 개선되었다는 것이 밝혀졌고 [2,3], 이에 따라 오늘날 HEMS는 외상의료체계의 중요한 자원으로써 많은 국가에 도입되어 활발하게 운영되고 있다[4]. 그러나 국내에서는 2011년에 들어서야 비로소 헬리콥터에 의사가 탑승하여 전문적인 응급의료서비스를 제공하는 HEMS가 시작되었으며, 이에 따라 관련 연구도 아직 활발하지 않은 편이다. HEMS 이송팀은 사고현장 및 이송과정에서의 제한된 자원을 이용하여 외상환자의 상태를 정확하게 파악하고 필수적인 전문처치를 신속하게 제공해야 하는 높은 수준의 업무능력이 요구되기 때문에 이송팀이 어떻게 구성되는지는 HEMS의 성공적 운영을 위한 중요한 문제로 인식되어 왔으며, 의사의 이송팀 포함 여부와 그 효과를 중심으로 여러 연구들이 있었다[5,6].

많은 연구자들이 응급구조사 등 다른 인력들에 비하여 탁월한 응급처치능력과 의사결정권을 가진 의사들이 HEMS 이송팀에 포함되었을 경우에 중증외상환자의 생존율이 크게 향상되었다고 보고 하였던 반면[7,8], 일부 연구는 HEMS 이송팀에 의사가 포함된 경우와 응급구조사 등 다른 인력들로만 이송팀이 구성된 경우를 비교했을 때 외상환자의 예후에 차이가 없었다는 결과도 발표하였다[9,10]. 국가별로 응급의료체계와 환자이송에 참여하는 인력의 업무범위 등 관련 여건에 차이가 존재하므로 의사의 HEMS 참여가 외상환자의 생존율에 미친 영향에 대한 기존의 연구결과를 국내에서 그대로 받아들이기 어렵다. 따라서 국내자료에 기반한 HEMS 이송팀 구성과 그 효과에 대한 분석이 필요하지만 응급환자의 항공이송 자체가 활발하지 않은 국내 여건상 이러한 연구는 시도된 바가 거의 없었으며, 외상환자에 대한 HEMS에서 소방 구급대원(구급대원)만으로 이송한 경우와 의사가 포함된 이송팀이 이송한 경우의 생존율 차이를 명확하게 밝혀낸 국내 연구는 없었다[11].

외상팀의 HEMS 출동 여부를 결정짓는 기준은 환자의 손상 정도, 혈액학적 상태 및 의식수준과 이송시간이며 출동의 결정은 두 가지 경로로 이루어진다. 첫째, 소방에서 '현장응급처치 표준지침'에 의한 다발성/중증외상의 기준에 해당하는 환자에 대하여, 지상 구급대에 의한 이송에 1시간 이상 소요되거나 이송시간이 1시간 이하라 하더라도 환자상태의 급격한 악화가 예상되어 의사의 현장 처치가 필요하다고 판단될 경우에 현장의 구조구급대원의 요청에 따라 경기도 소방본부 상황실(상황실)에서 외상팀을 호출한다. 두 번째는 중증외상환자의 전원을 요청받은 외상센터에서 환자상태를 기준으로 외상팀 탑승 헬리콥터 이송이 필요하다고 판단하면 상황실에 헬리콥터 지원을 요청한다. 만약 경기도의 헬리콥터가 출동할 수 없는 경우에는 상황실에서 중앙 119구조단에 헬리콥터 지원을 요청하고 경기도 남양주에 계류 중인 수도권본부의 헬리콥터를 출동시킨다.

본 저자들은 소방 헬리콥터를 이용하여 외상센터로 내원한 중증 외상환자들에서 외상팀이 함께 탑승하여 이송한 환자와 구급대원만으로 이송된 경우에 외상환자의 생존율을 평가하여 두 군 간의 차이를 확인하고 국내에서 시작단계에 있는 의사 탑승 HEMS의 현황과 개선방안에 대해 고찰해 보고자 하였다.

방 법

1. 연구대상 및 자료

2012년 1월부터 2017년 12월까지 중앙 및 시·도 소방본부 소속 헬리콥터를 통해 경기도에 위치한 아주대학교병원 경기남부권역외상센터(‘외상센터’)로 이송된 외상환자 중 한국외상등록체계(Korea Trauma Data Bank, KTDB)의 등록기준에 부합하는 15세 이상의 성인 둔상환자를 후향적으로 조사하였다. 연구대상 기간에 578명의 외상환자가 헬리콥터로 내원하였으며, 이 중 567명이 소방 헬리콥터로 이송되었다. 이 중 KTDB 등록기준에 부합하지 않은 환자(n=31, 응급실에서 퇴원), 14세 이하(n=27), 관통상 등 둔상이외의 사고기전(n=41), 사고기전이 불명확한 경우(n=6), 정보부족(n=14), dead on arrival (n=35) 환자를 제외한 413명을 최종 분석 대상으로 선정하였다.

본 연구의 대상기관인 외상센터는 미국의 level I 외상센터에 해당하며[12], 2011년 4월부터 소방 헬리콥터에 외상센터에 소속된 외상외과 교수급 의사와 간호사 등으로 이루어진 외상팀이 탑승하여 외상환자를 이송하는 HEMS인 ‘석해군 프로젝트’를 시작하였다. 현재까지 의사가 포함된 의료팀이 헬리콥터에 탑승하여 주야간 24시간 현장으로 출동하는 체계를 구축하였고, 소방의 구조구급대원과 인양기(hoist) 등의 장비를 이용하여 외상팀을 사고현장 상공으로부터 사고지점까지 직접 투입하는 임무까지 수행하는 국내 유일의 HEMS 프로그램이다. 헬리콥터 탑승 시 운항인력은 조종사 2명과 정비사 1명이고, 환자를 처치하는 이송팀은 구급대원 1-2명과 외상팀 2-3명으로 구성되었다. 구급대원은 1급 응급구조사 또는 간호사가 포함되었고, 구조가 필요한 경우에 대비하여 모든 구급대원은 특수구조 훈련을 받았다. 외상센터에 소속된 외과, 흉부외과, 응급의학과 등 다양한 전문의 중 중증외상환자 진료를 최소 1년 이상 담당한 교수급 전문의가 출동하였고, 간호사는 대학병원 이상 의료기관의 중환자실 또는 응급실 근무경력 3년 이상, 1급 응급구조사는 의료기관 근무 경험 2년 이상의 경력자들로 자격에 제한을 두었으며, 외상팀의 모든 의료진은 외상센터에서 정한 일정 기간의 임상수련을 마치고 경기도소방본부에서 HEMS 교육을 이수한 후 실제 비행에 투입되었다. 교육과정은 헬리콥터에 관한 기본지식 및 안전수칙 등의 이론교육, 모형 헬리콥터 교육시설을 이용한 탑승훈련 및 인양기 강화훈련, 그리고 실제 헬리콥터를 이용한 탑승훈련 및 인양기를 이용한 공중 강화훈련으로 구성되었다. 외상팀은 이

동형 초음파진단기, 인공호흡기 등 의료장비, 기관 삽관 및 흉관 삽관 등 각종 삽관세트, 진정 및 마취제와 항생제를 포함한 약물 등 250여 개에 달하는 의료장비 및 비품과 약품을 출동가방 3개에 나누어 구비해 놓고 출동 시에 헬기에 탑재하였고, 기록 목적으로 고글형 카메라(Liquid Image 384; Liquid Image Co., Santa Rosa, CA, USA)를 착용하였다.

연구대상 환자의 자료는 구급활동일지, 의무기록에서 추출하였고, 필요한 경우에는 고글형 카메라의 영상기록과 조종사가 작성한 운항기록지를 참고하였다. 연구대상자들을 외상팀이 탑승하여 이송한 경우(trauma team staffed-HEMS, TTS-HEMS)와 구급대원만으로 이송된 경우(paramedic-staffed-HEMS, 119-HEMS)로 분류하였다.

2. 연구변수

이송시간은 사고 후 외상센터 도착까지의 총 이송시간을 비교하였고, 총 이송시간이 사고 후 3시간 미만인 경우와 3시간 이상인 경우로 구분하였다. 비행에 소요된 시간은 헬리콥터 요청에서 현장 도착에 걸린 시간과 헬리콥터 요청부터 외상센터 복귀까지 걸린 시간을 조사하였다.

손상중증도점수(Injury Severity Score, ISS)는 다발성 손상을 점수화하여 중증도를 평가하는 방법이다. 신체를 6개 구역으로 나누어 손상점수를 배정한 후 점수가 가장 높은 3개 신체구역의 점수를 제곱한 후 합산하여 구한다. ISS는 1-75점까지로 75점은 생존이 불가능한 손상을 뜻하고, 통상 ISS 15점을 초과하면 중증외상환자로 분류한다. 외상센터는 'Abbreviated Injury Scale 2005 updated 2008'을 기준으로 미국 'Association for the Advancement of Automotive Medicine'의 공인교육을 이수한 전담인력들이 ISS를 산출하였다. Revised Trauma Scores (RTS)는 해부학적 점수체계인 ISS가 가진 한계점을 극복하고자 고안되었으며, 생리학적인 수축기혈압, 호흡수, 글래스고혼수척도(Glasgow Coma Score, GCS)를 상대점수로 환산하여 회귀분석으로 도출한 상수값을 가중치로 곱한 후 합하여 구한다. RTS 점수는 0에서 7.8408의 범위이고, 점수가 낮을수록 생리학적인 불안정성이 높고 중증도가 높은 것으로 해석한다[13].

이송팀 구성은 구급대원만으로 이송된 경우(119-HEMS)에 헬리콥터 도착 전까지 환자 처치를 담당한 지상 구급차의 구급대원과 헬리콥터에 탑승한 구급대원의 면허 및 자격과 인원수를 구분하여 조사하였으며, 구급차 운전자와 헬리콥터 운항승무원은 제외하였다. 헬리콥터에 탑승한 외상팀의 구성은 의사인력과 간호사 및 응급구조사 인력의 면허 및 자격과 인원수를 구분하여 조사하였다.

3. 생존율 산출방법 및 분석방법

외상환자의 치료결과 평가는 Trauma and Injury Severity Score

(TRISS) 방법을 이용하여 입원일 30일을 기준으로 산출하였다. TRISS는 1987년 처음 소개되었으며, 최근까지 HEMS가 외상환자 생존에 미친 영향을 분석하기 위해 가장 널리 사용되는 방법으로, Major Trauma Outcome Study (MTOS)의 생존상수를 사용한다. MTOS는 북미지역의 139개 의료기관에서 등록된 외상환자 80,000명의 코호트 정보를 손상기전에 따라 둔상과 관통상으로 구분하여 회귀분석을 통해 각각의 생존상수를 제시하며, 개별 외상환자의 치료결과 예측뿐 아니라 MTOS 코호트와 개별 의료기관의 치료결과를 비교할 수 있다. MTOS 생존상수는 현재까지 2번 개정되었는데, 본 연구의 TRISS 분석에는 1995년 개정된 MTOS 생존상수를 사용하였다[14]. MTOS 생존상수에 신체의 해부학적 손상 정도인 ISS, 손상 초기 생리적 불안정성을 나타내는 RTS 값, 기본적인 환자상태 고려를 위한 연령 등을 결합하여 외상환자의 예측생존율(survival probability, Ps)을 산출한 후 'W 통계값'을 구하여 MTOS 코호트와 비교결과의 통계학적 유의성은 'Z 통계값'으로 검증하였으며, 계산식은 아래와 같다. 연구대상 집단의 W 통계값이 양의 수를 나타내면 연구대상 집단에서 예측 생존율보다 100명당 그 양의 수만큼 더 생존할 수 있었던 것으로 해석하였고, Z 통계값이 1.96 이상인 경우에 통계적으로 유의한 것으로 인정하였으며 Z 통계값의 통계적 유의성이 없는 집단의 W 통계값은 '0'으로 해석하였다[15].

$$P_s = 1/(1+e^{-b}), b = -0.4499 + (0.8085 \times RTS) - (0.0835 \times ISS) - (1.7430 \times AGE)$$

$$W = (A - E) / (\text{Sample size} / 100), A = \text{actual number of survivors}, E = \sum P_i$$

$$Z = \frac{S - \sum (1 - P_i)}{\sqrt{\sum P_i (1 - P_i)}}, P_i = \text{predicted number of survivors (from baseline)}$$

외상팀의 탑승 여부에 따른 연구대상 집단 간의 생존율에 차이가 있었는지에 대한 통계학적 비교를 위하여 Cox 비례위험모델 분석을 실시하였고, 생존기간은 헬리콥터가 병원에 도착한 시간부터 사망한 시간 또는 퇴원일로 산출하였다.

이송과정에서 제공된 처치는 미국 외과학회의 전문소생술(advanced trauma life support, ATLS) 개정 10판에 따라 기도유지 및 경추보호를 'A (airway, cervical immobilization)', 호흡과 환기를 'B (breathing)', 순환과 출혈교정을 'C (circulation)' 등으로 나누었다. 연령, RTS, ISS, 이송시간 등 연속변수는 평균과 표준편차로 요약하고, 집단 간의 차이는 t-test로 분석하였고, 성별과 손상기전 등 비연속변수의 통계적 분석은 chi-square test나 Mann-Whitney U-test 중 적합한 것을 선택하였다. 수집된 자료는 마이크로소프트사(Microsoft)의 스프레드시트 프로그램(Microsoft Office Professional Plus 2013; Microsoft Corp., Redmond, WA, USA)으로 구축하여 IBM SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계분석 프로그램을 이용하여 분석하였으며 유의수준은 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결 과

1. 일반적 특성

1) 대상자 특성 및 사고기전

남성이 81.8%, 평균 연령은 49.9세였으며, 성별과 연령에서 두 군은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 두 군의 중증도를 비교한 결과 ISS는 TTS-HEMS군이 119-HEMS군보다 통계학적으로 유의하게 높았고(24.8 vs. 15.8, $p < 0.0001$), 중증외상으로 분류하는 ISS 15

점 초과 환자는 TTS-HEMS군에서 86.8%로 대부분을 차지하였으나 119-HEMS는 13.2%로 나타났다. RTS 점수는 TTS-HEMS군에서 119-HEMS군보다 통계학적으로 유의하게 낮았던 것으로 분석되었다(6.2326 vs. 7.2466, $p < 0.0001$).

외상센터 도착 후 응급실에서 머문 시간은 TTS-HEMS군보다 119-HEMS군이 2.6배 길었다(92.2분 vs. 239.0분, $p < 0.0001$). 외상센터 도착 후 응급수술을 시행한 경우는 42.1% (n=174)로, 이 중 83.3% (n=145)가 TTS-HEMS군이었다. 응급수술을 시행한 경우,

Table 1. Baseline characteristics of study groups

Characteristic	Total	TTS-HEMS	119-HEMS	p-value
No. of patients	413 (100.0)	321 (77.7)	92 (22.3)	
Sex				0.3916
Male	338 (81.8)	266 (78.7)	72 (21.3)	
Female	75 (18.2)	55 (73.3)	20 (26.7)	
Age (yr)	49.9±16.3	50.1±17.0	49.3±13.5	0.6238
ISS at discharge	22.8±13.1	24.8±12.5	15.8±12.7	<0.0001
≤ 15	109 (26.4)	57 (52.3)	52 (47.7)	
> 15	304 (73.6)	264 (86.8)	40 (13.2)	
Revised Trauma Score at arrival	6.5±1.9	6.2±1.9	7.2±1.5	<0.0001
Glasgow Coma Scale at arrival	10.8±4.6	10.0±4.6	13.4±3.5	<0.0001
Stay in ER time (min)	124.9±8.5	92.2±139.5	239.0±224.0	<0.0001
Emergency operation	173 (41.8)	144 (44.8)	29 (31.5)	0.0266
ER to operation room time* (min)	119.0±10.6	95.4±96.2	236.5±238.1	0.0037
Mechanism of injury				<0.0001
TA-all	234 (56.7)	198 (84.6)	36 (15.4)	
TA-vehicle	118 (28.6)	97 (82.2)	21 (17.8)	
TA-pedestrian	55 (13.3)	53 (96.4)	2 (3.6)	
TA-bicycle or motor	40 (9.7)	34 (85.0)	6 (15.0)	
TA-others	21 (5.1)	14 (66.7)	7 (33.3)	
Fall	97 (23.5)	72 (74.2)	25 (25.8)	
Bumped against by object	33 (8.0)	26 (78.8)	7 (21.2)	
Machine	25 (6.1)	19 (76.0)	6 (24.0)	
Slip down	24 (5.8)	6 (25.0)	18 (75.0)	
Time field to TC (min)	216.7±229.9	252.5±248.4	91.8±45.3	<0.0001
< 3 hr	260 (63.0)	173 (66.5)	87 (33.5)	<0.0001
≥ 3 hr	153 (37.1)	148 (96.7)	5 (3.3)	
Aviation time [†] (min)				
From request to arriving at scene	35.1±18.2	37.0±18.5	21.2±5.7	<0.0001
From request to arriving at TC	63.9±33.6	66.4±34.5	46.3±17.8	<0.0001
Distance [‡] (km)	63.0±2.8	64.9±61.3	54.9±30.8	<0.0001
Night flight [§]				<0.0001
No	283 (68.5)	202 (71.4)	81 (28.6)	
Yes	130 (31.5)	119 (91.5)	11 (8.5)	
Transport				<0.0001
Directly transport	134 (32.5)	58 (43.3)	76 (56.7)	
Interhospital transfer	279 (67.6)	263 (94.3)	16 (5.7)	
Death at discharge				0.0073
Yes	78 (18.9)	70 (89.7)	8 (10.3)	
No	335 (81.1)	251 (74.9)	84 (25.0)	

Values are presented as number (%) or mean ± standard deviation.

TTS-HEMS, trauma team (including physician)-staffed helicopter emergency medical service; 119-HEMS, paramedic-staffed helicopter emergency medical service; ISS, injury severity score; ER, emergency room; TA, traffic accident; TC, trauma center.

*Time interval from arriving at trauma center to starting anesthesia. †Recorded time of requesting helicopter activation in 119 or TC database. ‡Straight distance from helicopter base to patient rendezvous point. §Aviation after sunset.

외상센터 도착 후 응급수술을 위한 마취시작까지 걸린 시간을 비교한 결과 119-HEMS군은 TTS-HEMS군보다 2.5배 정도 긴 시간이 소요되었던 것으로 나타났다(95.4분 vs. 236.5분, $p < 0.0001$).

사고기전은 교통사고가 56.7%로 가장 높았으며, 그 다음은 추락이 22.8%를 차지했다. 교통사고 중에서는 탑승자 사고, 보행자 사고, 자전거 및 오토바이 운전자 사고 순으로 많았던 것으로 나타났다(Table 1).

2) 이송시간과 비행특성

사고 후 외상센터까지 이송에 걸린 총 시간은 119-HEMS군보다 TTS-HEMS군에서 2.7배 이상 길었던 것으로 나타났다(252.5분 vs. 91.8분, $p < 0.001$). 또한 사고 후 3시간 내에 외상센터 이송이 완료된 경우는 119-HEMS군에서 87명으로 대부분이 3시간 내에 이송이 완료된 것으로 나타났으나 TTS-HEMS군은 173명으로 절반 정도에 그쳤던 것으로 나타났다.

헬리콥터를 요청한 시각부터 사고현장이나 환자 인계지점에 도착하는 데 걸린 시간은 평균 35.1분이었고 TTS-HEMS군이 119-HEMS보다 평균 10분 이상 길었다(32분 vs. 21.5분, $p < 0.0001$). 헬리콥터 요청시각부터 외상센터로 복귀하는 데 걸린 총 비행시간은 TTS-HEMS군이 119-HEMS보다 평균 13분 더 길었던 것으로 나타났다(66.4분 vs. 46.3분, $p < 0.0001$).

이송거리는 평균 63 km로 TTS-HEMS군이 119-HEMS군보다 평균 10 km 더 길었다(64.9 km vs. 54.9 km, $p < 0.0001$). 야간비행

비율은 전체 이송의 31.5% ($n = 130$)를 차지하였으며, 야간비행의 91.5% ($n = 119$)가 TTS-HEMS군이었다. 사고현장에서 외상센터로 직접 이송비율은 TTS-HEMS군은 58명(18.0%), 119-HEMS군에서 76명(82.6%)으로 TTS-HEMS군은 직접 이송비율이 낮았던 것으로 나타났다. 연구대상자 중 퇴원시점에서 사망한 경우는 TTS-HEMS군에서 70명, 119-HEMS에서 8명이었고 두 군에서 유의한 차이를 보였다(Table 1).

2. 이송과정에서 수행한 처치의 비교

이송팀이 수행한 처치 중, 기관 삽관이나 후두마스크 삽입이 시행된 경우는 TTS-HEMS군에서 외상팀은 10.2% ($n = 31$), 구급대원은 2.9% ($n = 5$), 119-HEMS에서는 4% ($n = 2$)였다(Table 2). 이 중 ATLS에 따라 즉각적인 기관 삽관이 필요한 기준인 의식이 저하된 환자(GCS < 9)에 대한 기관 삽관 수행비율은 TTS-HEMS에서 외상팀은 78.3% (18/23), 구급대원은 20% (5/25), 119-HEMS에서는 13.3% (2/15)였다. 외상팀은 구급대원이 제공할 수 없었던 처치를 이송과정에서 다양하게 제공하였는데, 인공호흡기 적용 68회, 중심정맥확보술 41회, 수혈 66회, 개흉술을 통한 직접 심장압박술 4회, 대동맥차단 소생술(resuscitative endo-vascular balloon occlusion of the aorta, REBOA)을 2회 시행하였고, 지혈을 위한 골반뼈 고정장치(T-POD)와 지혈대도 사용했던 것으로 조사되었다. 구급대원은 현행 법률에 따라 허용된 처치를 수행할 수 있고 기본소생술(basic life support) 외에 ATLS 중 일부가 허용되어 있다. TTS-

Table 2. Comparison of procedures performed between trauma team and 119 paramedic(s) during transfer

ATLS principles	Procedures	TTS-HEMS		119-HEMS
		Trauma team	119*	
No. of cases with records		321	170	50
A: airway maintenance with cervical spine protection	Orotracheal intubation via E-tube (GCS < 9 intubate)	29 (9.0) (16/23)	0	0
	i-gel insertion (GCS < 9 insert)	2 (0.6)	5 (2.9)	2 (4.0)
	Cervical immobilization	125 (38.9)	111 (65.3)	30 (60.0)
B: breathing and ventilation	Ambu bagging	156 (48.6)	28 (16.5)	5 (10.0)
	O ₂ supply	321 (100)	82 (48.2)	24 (48.0)
	Chest tube insertion	1 (0.3)	0	0
	Needle decompression	2 (0.6)	0	0
	Mechanical ventilator apply	68 (21.2)	0	0
C: circulation with hemorrhage control	Intravenous catheters placement and fluid resuscitation	59 (18.4)	40 (23.5)	17 (34.0)
	Central venous catheter insertion	41 (12.8)	0	0
	Blood transfusion	66 (20.6)	0	0
	Thoracotomy and open cardiac massage	4 (1.2)	0	0
	External cardiac compression	2 (0.6)	14 (4.4)	1 (2.0)
	Cardiovascular drug(s)	45 (14.0)	0	0
	Compression dressing for hemostasis	36 (11.2)	85 (26.5)	24 (48.0)
	Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta	2 (0.6)	0	0
Others	Medication, blood sampling, etc.	233 (72.6)	10 (5.9)	3 (6.0)
	Splint or long spine board apply	0	156 (91.8)	45 (90.0)

Values are presented as number (%).

ATLS, advanced trauma life support; TTS-HEMS, trauma team (including physician)-staffed helicopter emergency medical service; 119, emergency medical service personnels belonging the Fire and Disaster Headquarters; 119-HEMS, paramedic-staffed helicopter emergency medical service; GCS, Glasgow Coma Scale.

*Procedures performed by 119 before the arrival of the trauma team or 1st hospital.

HEMS와 119-HEMS의 구급대원이 수행한 ATLS의 원칙에 해당하는 술기로 후두마스크를 이용한 기관 삽관과 경추고정술, ambubagging, 말초 정맥로 확보, 지혈을 위한 직접 압박술, 부목 적용 등이 있었다. 중증외상환자의 소생에 필수적인 기관 삽관은 법적 허용범위에 따라 현장에서 심정지가 확인되었던 환자에게만 후두마스크를 삽입하였다. ATLS의 기준에 부합하는 수액요법을 실시하였는지 여부는 말초 정맥관의 크기와 투여한 수액의 양으로 판단할 수 있으나 현행 구급활동일지 양식에는 이러한 항목들이 없어 확인할 수 없었다(Table 2).

3. Trauma and Injury Severity Score와 Cox 비례위험모델 분석결과

TRISS 분석결과 TTS-HEMS군은 예측 생존율보다 실제 생존율이 높았고 통계학적으로 유의하였지만, 119-HEMS에서는 통계학적 유의성이 없었다(W 통계값: 7.6 vs. 2.2, $p < 0.0001$ vs. 0.4965). W 통계값의 정의에 따라 해석하면, TTS-HEMS군은 100명당 7.6명이 더 생존하였고, 119-HEMS군에서는 100명당 추가생존의 이익이 없었다.

두 군의 이송시간에 현저한 차이가 확인되었고, 119-HEMS군은 87명이 사고 후 3시간 이내에 외상센터로 이송되었지만, TTS-HEMS군에서 3시간 이내에 이송이 완료된 경우는 173명으로 절반에 그쳤던 것으로 조사되어 이송시간 3시간을 기준으로 하위분석을 실시하였다. 분석결과 TTS-HEMS군에서 사고 후 3시간 이내에 외상센터로 이송된 환자들은 100명당 추가생존이 9.5명으로 더 증가하였으나 119-HEMS군에서는 추가생존의 유의성을 확인할 수 없었다(W 통계값: 9.5 vs. 2.2, $p = 0.0001$ vs. 0.5222) (Table 3).

외상팀의 탑승 여부와 외상환자의 생존율과 관련된 변수들을 이용한 Cox 비례위험모델에 의한 분석을 통해 위험비를 산출하였

다. 구급대원으로만 이송되었던 119-HEMS군은 외상팀이 탑승하였던 TTS-HEMS군과 비교하여 위험비가 2.83배 높았던 것으로 나타났다($p = 0.0451$) (Table 4), 통계적으로 유의한 변수는 연령, ISS, GCS였다. 연령은 35세 미만에 비하여 55세 이상이 2.37배, 65세 이상은 3.02배였고, GCS는 상대위험비가 0.75로 낮았고 ISS는 위험비가 1.03으로 분석되었다.

고 찰

본 논문은 헬리콥터 환자이송에서 의사가 포함된 외상팀이 환자 이송에 참여했을 경우와 구급대원들로만 이송된 경우에 외상환자의 생존율에 얼마나 차이가 있는가 알아보고자 하였고, 이송팀의 자격과 인원 수, 이송팀에 따라 이송과정에서 제공된 처치에 차이

Table 4. Cox proportional hazards model for the risk factors associated with mortality of trauma patients with HEMS

Variable	Death	
	Hazard ratio (95% confidence interval)	p-value
Transport team staffing		
119-HEMS	2.83 (1.02–7.82)	0.0451
TTS-HEMS	1.00	
Sex		
Male	1.00	0.1036
Female	1.63 (0.91–2.94)	
Age group (yr)		
< 35	1.00	0.1420
35–44	0.44 (0.15–1.31)	
45–54	2.09 (0.94–4.66)	
55–64	2.37 (1.08–5.18)	
≥ 65	3.02 (1.31–6.98)	
Mechanism of injury		
TA-vehicle	1.51 (0.83–2.74)	0.1812
TA-pedestrian	0.81 (0.37–1.76)	
TA-bicycle or motor	2.03 (0.89–4.62)	0.0926
TA-others	1.70 (0.54–5.42)	
Others	–	0.3665
Night flight		
Yes	0.78 (0.45–1.35)	0.3759
No	1.00	
Emergency operation		
Yes	1.53 (0.93–2.51)	0.0977
No	1.00	
Transfer type		
Directly transport	1.00	0.1090
Interhospital transfer	1.84 (0.87–3.88)	
Time field to trauma center (hr)		
< 3	1.00	0.2235
≥ 3	0.70 (0.40–1.24)	
Glasgow Coma Scale at arrival	0.75 (0.69–0.81)	< 0.001
Injury Severity Score at discharge	1.03 (1.01–1.05)	0.001

HEMS, helicopter emergency medical service; TTS-HEMS, trauma team (including physician)-staffed helicopter emergency medical service; 119-HEMS, paramedic-staffed helicopter emergency medical service; TA, traffic accident.

Table 3. Outcomes and survival probabilities, the basis of Trauma and Injury Severity Score method in 30-day mortality

Outcomes	All patients	TTS-HEMS	119-HEMS
All patients	413	321	92
Actual survivors	348 (84.3)	264 (82.2)	84 (91.3)
Predicted survivors	322 (77.9)	240 (74.7)	82 (89.1)
Z statistic	4.1	8.01	0.68
p-values*	<0.0001	<0.0001	0.4965
W statistic	6.4	7.6	2.2
Transport time within 3 hours	264	177	87
Actual survivors	222 (84.1)	143 (80.8)	79 (90.8)
Predicted survivors	203 (77.0)	126 (71.3)	77 (88.6)
Z statistic	3.53	3.82	0.64
p-values	0.0004	0.0001	0.5222
W statistic	7.1	9.5	2.2

Values are presented as number or number (%), unless otherwise stated. TTS-HEMS, trauma team (including physician)-staffed helicopter emergency medical service; 119-HEMS, paramedic-staffed helicopter emergency medical service. *Significant level for Z statistic values.

가 있었는지까지 연구범위를 넓혔다. 그 결과 외상팀이 탑승하였을 경우에는 중증도가 더 높고 이송시간이 길었음에도 불구하고 외상환자의 실제 생존율이 예측 생존율보다 100명당 7.6명 추가로 생존하였고 사고 후 3시간 안에 외상센터로 이송되었을 경우에는 추가 생존이 100명당 9.5명으로 더욱 증가하였다. 또한 헬리콥터로 이송하였다더라도 구급대원만으로 이송된 경우에는 외상팀이 이송에 참여했던 경우보다 사망위험이 2.83배 높았던 것으로 분석되었다.

1. Helicopter emergency medical service 현황

헬리콥터는 값비싼 이송수단이며, 소음 및 사고의 위험성도 있지만, 헬리콥터 고유의 비행특성과 HEMS의 외상환자의 사망률 감소효과로 주요 선진국에서 빠르게 정착되고 확대되어 왔다. 1972년 첫 번째로 헬리콥터를 병원에 배치한 미국은 현재 650여 대의 응급의료서비스(emergency medical service, EMS) 전용 헬리콥터가 배치되어 연간 30만 명을 이송하고 있고[16], 독일에서도 연간 10만 건 정도의 HEMS가 이루어지며 이 중 50% 이상이 외상환자이다[17]. 일본의 경우는 2001년 첫 번째 의사탑승 응급의료 전용헬리콥터(Doctor-Heli, '닥터헬리')를 도입했고 매년 1-2대씩 추가 배치되다가 2011년 이후 추가배치가 증가하여 현재 50여 대를 운영하고 있다. 급격한 확대 배치의 배경에는 2011년 3월 동일본 대지진이 발생한 첫날부터 당시 전국에 배치되어 있던 15대의 닥터헬리가 쓰나미 피해지역까지 모두 출동하여 수백 명의 환자구조 및 이송 임무를 수행함으로써 대형 재난상황에서 의사탑승 HEMS의 유효성을 널리 알렸던 것이 중요한 변곡점이 되었다[18].

현재 국내에는 185대의 헬리콥터가 정부와 민간기관에 소속되어 운항 중이며, 이 가운데 응급의료서비스를 전담하는 헬리콥터는 소방, 민간병원, 보건복지부의 응급의료전용헬기 사업 등에 참여하는 30여 대에 불과하다[19,20]. 2016년 국내 의료기관의 응급실로 내원한 중증외상환자 12만여 명 중 헬리콥터로 이송된 경우는 0.5% (n=573)에 불과했는데[21], 우리와 비교하여 인구가 1.6배 많은 독일과 비교할 때 HEMS는 약 100배 정도의 차이가 있는 실정이다. 보건복지부는 전문적인 HEMS의 확대를 목적으로 의사가 탑승하는 응급의료전용헬기를 2011년부터 도입하였고 당초 목표가 2015년까지 16대를 배치하는 것이었으나 2017년 현재 6대가 배치되는 데에 그치고 있으며, 주요 선진국과 의사탑승 HEMS 배치 현황 및 환자이송 규모를 비교해 볼 때 우리나라의 미충족 HEMS 필요는 상당 규모에 이를 것으로 추정된다[22,23].

미충족 HEMS 필요를 감소시키려면 중증도가 높은 환자들의 HEMS를 이용하지 못하도록 작용하는 과소분류(under-triage)를 최소화하고 과분류(over-triage)가 허용되어야 한다. 이전 연구들은 외상환자의 중증도와 HEMS 필요성을 과분류한 비율이 40% 이상이었을 때 외상환자의 생존 기회가 유의하게 증가했다고 보고하였다[24,25]. 본 연구에서 TTS-HEMS의 과분류(ISS<15점)는

17.2%로 나타났는데, 기존의 연구들에서 과분류가 40%~85%에 달했던 것과 비교하여 차이가 큰 것을 알 수 있었다. 중증외상환자를 과소분류하였을 때 발생할 수 있는 회복 불가능한 손실을 차단하기 위해서 적정 수준의 과분류가 허용될 수 있도록 HEMS 이송 관련 기준이 조정되어야 한다.

2. 이송시간

Trunkey [26]는 사고 후 1-4시간 내에 발생하는 대부분의 외상사망은 빠른 수술적 처치를 통해서 예방 가능한 사망이라 했으며, 외상환자의 생존율을 높이기 위해 사고 후 가능한 빠른 시간 안에 즉각적인 수술적 처치를 포함한 최종치료의 제공 필요성을 강조하고자 'golden hour'라는 용어를 처음 사용하였다. Sampalis 등[27]은 중증외상환자가 사고 후 외상센터에 도착하는 데 걸린 총 이송시간이 1시간을 초과한 경우에는 1시간 이내에 이송이 완료된 경우보다 사망률이 3배 높아졌다고 하였다. 많은 국내의 연구에서 지역의 외상체계가 발달하지 않음으로 인하여 많은 외상환자들이 치료능력이 고려되지 않은 채 사고현장에서 지리적으로 인접한 병원으로 우선 이송되었다가 외상센터로 전원되었다고 보고하였으며, 이런 환자들 중 대부분은 필수적인 처치와 치료는 제대로 받지 못한 채 컴퓨터 단층촬영 등 불필요한 검사를 받느라 이송이 지연되었다고 보고했다[28,29]. 이 연구결과 사고 후 외상센터 도착까지의 총 이송시간은 119-HEMS는 91.8분, TTS-HEMS는 252.5분으로 모두 1시간을 초과하였으며, 특히 TTS-HEMS의 총 이송시간은 평균 4시간을 초과했는데 이는 TTS-HEMS군에 전원된 환자들의 비율이 76.7%로 높았던 것이 요인으로 작용했을 것이다. 외상센터 등 상급 의료기관으로 전원이 필요한 외상환자에 대한 불필요한 영상검사나 임상검사는 전원을 지연시킬 뿐 아니라 전문인력이 부족한 의료기관에서는 환자를 위험에 노출시키는 행위가 되므로 외상환자의 전원에 대한 진료표준은 지역차원에서 마련하고 관리해야 한다[30].

TTS-HEMS의 이송시간이 119-HEMS보다 3배 가까이 유의하게 길었던 결과는 Garner 등[31]의 사고의 신고부터 이송 완료까지 걸린 시간을 비교하였을 때 의사의 탑승 여부에 따른 두 군 사이에 차이가 없었던 것(86분 vs. 82분, $p=0.10$)과 다르며, Schmidt 등[32]이 의사가 탑승하여 출동하는 독일의 HEMS와 의사가 탑승하지 않는 미국의 HEMS를 비교한 연구에서 독일의 HEMS가 빨랐다는 결과(42.5분 vs. 54.5분)와도 다르다. 독일의 경우 신고접수단계에서 헬리콥터 탑승의사가 요청정보를 공유하고 직접 출동 여부를 결정하며 헬리콥터는 탑승의사가 대기하는 병원에서 계류하다가 즉시 출동하는 방식으로 출동의 전 과정이 단순하고 신속하게 이루어질 수 있던 반면에, 미국은 지상 구급차가 현장에 우선 출동하여 환자상태를 파악한 후에 헬리콥터 출동을 2차적으로 요청하는 방식이므로 독일보다 이송시간이 길어질 수밖에 없었다고 설명하였

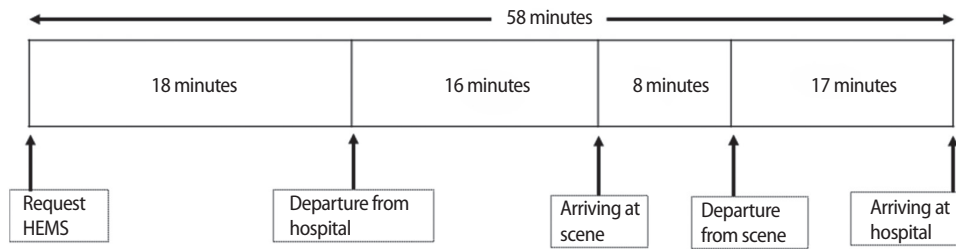


Figure 1. 2018 1st Regional Trauma Committee of Southern Gyeonggi Regional Trauma Center. Analysis in delayed dispatch time of HEMS (from March 2017 to December 2017). HEMS, helicopter emergency medical service.

다[32]. 본 연구의 HEMS 출동방식도 미국과 같이 주로 먼저 출동한 지상 구급차의 요청에 의해 2차적으로 대응하는 방식이기 때문에 119신고부터 헬리콥터를 요청하는 데 걸린 시간이 총 이송시간 지연에 영향을 미쳤을 가능성이 높다.

보건복지부의 응급의료전용헬기는 의사를 포함한 전문 의료진이 상시 탑승하면서도 신속한 출동을 통한 총 이송시간 단축을 위해 ‘병원 기반 HEMS’를 표방하였지만, 119출동체계와의 협력체계가 갖추어지지 않은데다 6개 지역 중 5개소는 헬리콥터 대기장소를 병원 외부에 설치하여 병원까지 구급차로 연계하여 이송하는 곳이 대부분이며, 소음 관련 민원을 이유로 헬리콥터 주기장소를 병원과 먼 곳으로 지속적으로 이동시킨 지역도 있는 실정이다[23]. 본 연구의 HEMS 출동방식은 미국과 같이 주로 먼저 출동한 지상 구급차의 판단에 따라 2차적으로 헬리콥터 출동요청이 이루어지는 방식인데, TTS-HEMS는 119-HEMS보다 헬리콥터 요청에서 현장 도착까지 10분 이상 더 소요되었고, 헬리콥터 요청에서 외상센터로 환자이송을 완료하는 데 걸린 총 비행시간도 유의하게 길었다. TTS-HEMS는 헬리콥터 대기장소가 외상팀이 상주하는 외상센터로부터 반경 18 km 밖에 위치하여 출동 시에 외상팀을 탑승시키기 위해 외상센터를 경유해야 했다. 헬리콥터 요청 후 외상팀을 탑승시켜 병원을 출발하는 데 평균 18분이 걸렸던 것으로 나타났다 (Figure 1). 총 이송시간을 단축시키기 위해 헬리콥터를 병원에 배치하는 방안이 적극적으로 모색되어야 할 것으로 보인다.

3. 이송팀의 구성

HEMS 이송팀의 구성에 대한 유럽, 북미, 호주와 일본 등을 대상으로 한 국제적인 설문조사 연구에서 의료인력 2명이 1팀으로 탑승하는 형태가 절반 이상이었고, 의사가 포함된 이송팀이 70% 이상이었다. 병원 전단계에서도 의사가 가진 임상적 의사결정의 권한과 능력은 다른 이송인력과 현저한 차이가 있으며, 의료기관의 교수급 의사가 가진 팀 내부 또는 타 부서 의료진과의 의사소통능력은 의사 이외의 다른 인력이나 경력 및 경험이 부족한 의사와는 큰 차이가 있다. 이전의 많은 연구자들은 의사 탑승 HEMS의 생존율이 향상된 것은 외상외과 의사의 풍부한 경험과 판단능력의 차이에서 기인한 결과이며, 숙련된 의사 그룹은 일반적인 처치제공능력뿐 아

니라 의사결정과 의사소통능력이 비숙련 의사들보다 월등히 높다고 하였다[32]. 본 연구에서 TTS-HEMS군에서 외상센터 도착 후 수술이나 입원에 걸린 시간이 119-HEMS보다 현저하게 짧았는데, 이는 이송에 참여한 의사에 의해서 응급수술 등 주요 치료에 대한 의사결정이 병원 도착 전에 이루어졌기 때문에 가능했으며, 수술적 처치 등 최종치료 제공이 빠르게 이루어진 것은 두 군 간의 생존율 차이에 영향을 미쳤을 것이다(Appendices 1, 2). 또한 해외 여러 사례에서 의료진 1명이 이송하는 경우에는 전문의 면허를 소지한 의사가 탑승하는 경우가 가장 많았으며 전문과목은 마취통증의학과, 응급의학과, 외과 순으로 다양하였다. 대부분의 나라에서 전문의들이 헬리콥터에 탑승하고 있으며, 전문의 자격이 다양하고 특정 진료과로 한정된 국가는 없었다[33]. 본 조사에서도 헬리콥터에 탑승한 외상팀은 대부분 전문의와 간호사 등 2명으로 구성되었으며, TTS-HEMS에 탑승한 의사는 대학병원 외상센터에서 근무하는 교수들로, 전문분야는 외과, 흉부외과, 응급의학과 등으로 다양하였다. 반면에 우리나라 보건복지부의 응급의료전용헬기 사업에서는 의사의 전문자격을 응급의학과로 제한한다[34]. 우리나라는 헬리콥터에 탑승하는 의사인력이 매우 적고, 극히 일부를 제외하고는 헬리콥터 탑승 경험도 다른 나라와 비교하기 어려울 정도로 초보적인 수준에 있다. 다양한 전문과목과 다양한 수준의 의사들의 HEMS 참여가 확대될 수 있도록 특정 전문과목으로 HEMS 탑승을 제한하는 정부정책은 HEMS로 유입되는 의사인력의 확대를 도모하기 위하여 개선이 필요한 부분이다.

4. 이송 중의 처치

구급대원이 이송 중 제공한 응급처치가 의사와 크게 차이가 없다면 사망률에 미치는 영향도 적어질 것이다. Baxt 등[9]이 미국의 7개 병원에서 운영되는 HEMS의 다양한 이송팀 구성에 따른 사망률과 각 이송팀이 수행한 처치를 분석한 결과, 이송팀 구성은 교수급 의사와 간호사가 한 팀으로 구성된 경우부터 간호사 1명이 이송하는 경우까지 다양했으나, 각 이송팀이 수행한 처치와 사망률에는 차이가 없었다. 미국의 다른 후속연구에서도 HEMS에서 간호사와 구급대원으로 구성된 이송팀과 의사가 포함된 이송팀 모두 사망률이 개선되었고 수행한 처치에도 차이가 없었다고 보고하였는

데[14], 이런 연구들은 HEMS에서 의사의 역할과 참여를 줄이는 근거로 작용하여 현재 미국에서 HEMS에 종사하는 전문인력 중 의사가 차지하는 비중은 약 4%에 불과하다[35]. 반면, Garner 등[31]은 의사가 포함된 HEMS는 사망률 개선이 뚜렷하였으나 구급대원만으로 이송한 HEMS는 오히려 예측보다 실제 생존이 감소했는데, 두 군에서 제공된 처치의 종류에는 차이가 없었지만 성공률 등 질적인 측면과 제공된 처치의 양에서 차이가 컸다고 하였다.

우리나라는 구급대원의 법적 자격이나 면허에 따라 응급처치의 허용범위가 제한되어 있는데 '119구조구급에 관한 법률'은 1급 응급구조사와 간호사를 '전문구급대원'으로 분류하고 '응급의료에 관한 법률' 제41조, 제42조 및 동법 시행규칙의 제33조, 제34조에서 규정한 업무에 한하여, 의사와 구급대원 간의 유무선 통신을 통한 직접 의료지도하에 정맥로 확보 및 수액 투여, 일부 약물 투여, 혼수 환자에 대한 약물을 사용하지 않는 기관 삽관 등의 처치를 제한적으로 허용하고 있다[36]. 본 연구에서 외상팀이 수행한 처치에는 기관 삽관, 인공호흡기 적용, 수혈, 중심정맥확보술, 흉관 삽입 및 바늘갑상술, 개흉술 및 직접심장마사지, REBOA, 지혈대 및 골반띠 고정장치(T-POD) 등 병원 내에서 수행되는 전문적 처치들이 병원 전 이송단계에서도 적극적으로 수행되었던 것을 알 수 있었다. 119-HEMS에서는 구급대원이 수행한 처치 중 ATLS에 해당하는 처치종류는 정맥로 확보와 후두마스크 삽입정도만 제한적으로 시행되었으며, 이중 후두마스크 삽입은 심한 의식저하(GCS < 9) 환자에게 반드시 적용되어야 하는 술기임에도 불구하고 시행된 경우가 매우 적었다.

국내 예방 가능한 외상사망 연구에 따르면 병원 전단계 이송과정의 부적절한 처치나 환자관리가 예방 가능한 외상사망의 주요한 원인이 되므로 이송을 담당하는 인력과 처치에 대해 면밀히 관리해야 한다[37]. 국내 연구자들이 병원 전단계의 의료서비스의 질이 낮아지는 원인으로, 현행 법률이 구급대원의 업무범위를 과도하게 제한하는 것을 주요 원인으로 지적하며 구급대원의 법적 업무범위를 확대해야 한다고 주장하였지만[38], 최근의 연구에서는 법적 업무범위보다는 구급대원의 처치수행능력이 실제 업무수행 범위에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 업무수행능력이 낮은 이유로는 현장 경험의 부족이 가장 큰 요인인 것으로 조사되었다[39]. 미국의 구급대원 교육프로그램은 이론 및 실습교육뿐 아니라 실제 응급실에서 의사가 지휘하는 중증환자 임상진료에 팀원으로 수 주간 참여하도록 구성되어 있다[40]. 더 나아가 현재 미국의 구급대원이 병원 전 단계에서 의사와 동일한 업무범위를 인정받으며 주도적인 역할을 하게 된 배경에는 이송현장에 직접 뛰어들어 수십 년간 구급대원들과 함께 헬리콥터나 구급차에 탑승해 실제 임무를 동일하게 수행하면서 구급대원을 교육했던 몇몇 의사들의 선구자적인 노력이 있었다. 그러나 우리나라에는 병원 전단계에 종사하는 구급대원을 위해 HEMS에 구급대원과 의사가 함께 탑승하는 방식으로 교육훈련과 임상수련을 진행하는 프로그램은 전혀 없으며, 외상환자에

대한 수술 및 중환자 치료 등 임상진료의 전 과정을 경험할 수 있도록 구성된 병원 내 교육훈련프로그램도 찾아보기 힘든 실정이다. 병원 전단계의 처치수준 향상을 위해서는 현재 허용되고 있는 처치의 양적·질적 수준의 정확한 평가가 필요하고, 실제 임상현장에서 의사와 함께 진료에 참여하는 방식의 질 높은 훈련프로그램이 마련되어야 한다.

이제까지 많은 연구결과에서 병원 간 이송에서도 헬리콥터 이용이 외상환자의 사망률을 크게 감소시킨 것으로 나타났으며, 미국의 농촌지역 병원이 도심에 위치한 외상센터와의 헬리콥터 연계 이송을 중단한 후에 중증외상환자의 사망률이 4배 증가했다는 결과[41]도 보고된 바 있었다. HEMS를 통해 사망률 개선을 보고한 여러 나라의 연구자들이 공통적으로 지적한 것은 이러한 차이가 헬리콥터라는 이송수단의 차이에서 기인한 것이 아니라 헬리콥터를 통해서 숙련된 전문 의료진과 장비가 신속하게 환자에게 투입되었던 것임을 강조하였다[41]. 이번 연구는 소방 헬리콥터로 이송된 외상환자를 대상으로 외상센터의 숙련된 전문의와 간호사 등으로 구성된 외상팀이 헬리콥터에 탑승하여 병원 전 이송에 참여한 군(TTS-HEMS)과 소방 구급대원만으로 이송된 환자군(119-HEMS)의 생존율을 TRISS 방법론으로 비교하여 TTS-HEMS군에서 통계적으로 유의한 생존율 향상을 확인하였으며, 사고 후 외상센터 도착까지 3시간 내에 보다 신속하게 이송된 경우에는 생존율이 더욱 향상되었음을 확인하였으나 119-HEMS에서는 생존율 향상을 확인할 수 없었다. 이에 더하여 외상팀의 탑승 여부에 따라 두 집단 간에 생존율에 차이가 있는지 비교하기 위하여 Cox 비례위험모델 분석을 적용하였고, 그 결과 외상팀이 탑승하지 않았을 경우에는 외상팀이 탑승한 경우보다 사망위험이 2.83배 높았다는 것을 밝혔다.

Moylan [42]은 성공적인 EMS체계가 가져오는 주요한 결과로, 첫째, 적절한 외상센터로 신속한 이송이 이루어지는 점, 둘째, 숙련된 의료진에 의해서 조기에 소생술이 제공된다는 점과 마지막으로, 최초의 소생술 제공에서 최종치료까지 다학제적 치료가 지속될 수 있다는 점을 제시하였다. 헬리콥터는 EMS체계가 긍정적인 결과를 가져오는 데 필수적인 요소로, 최고 수준 의료기관의 치료 영역을 헬리콥터가 운항할 수 있는 지역까지 확장하는 효과를 가져온다고 하였다[42]. 우리나라는 구급대원에 의한 전문처치가 제한되어 있으며 전문처치에 대한 숙련도도 낮은데다 소수의 권역외상센터가 광범위한 권역을 담당해야 하는 실정에 있다. 이러한 상황에서 외상팀이 탑승하는 HEMS는 숙련된 외상팀과 전문장비 등을 현장이나 전원 병원까지 신속하게 전개함으로써 권역외상센터의 치료의 범위를 확대하여 지역 간에 전문외상치료의 불균형을 감소시키고 결과적으로 외상환자의 생존율 향상에도 기여할 수 있을 것으로 본다. 지역차원에서 외상진료 및 이송에 대한 표준지침을 정립하여 중증외상환자에 대한 최초 반응자인 구급대원과 1차 진료를 담당하는 의료기관의 중증외상 환자분류, 이송기관 및 이

송수단 결정능력을 향상시키며, 지역을 포괄하는 외상체계(regional trauma system)를 구축하고, 그 안에서 HEMS 이송체계 또한 더욱 면밀하게 정립하는 것이 필요하다[43].

이번 연구는 중증외상환자의 특성상 전향적인 무작위연구가 어려워 후향적으로 수행될 수밖에 없었다는 제한점을 가지고 있다. 그러나 향후 전향적 방식으로 연구를 수행한다 하더라도 중증환자에 대한 이송수단과 이송팀의 선정을 무작위 적용은 의학적, 윤리적으로 타당하지 않다는 지적이 있었다[10]. 또한 전원되는 환자들에서 전일 보낸 의료기관의 관련 요인을 통제하지 못한 점은 앞으로 지역 차원의 다기관 연구 수행을 통해 개선할 수 있을 것으로 기대한다.

ORCID

Tea-youn Kim: <https://orcid.org/0000-0002-0006-5862>; Sang Ah Lee: <https://orcid.org/0000-0001-5415-0141>; Eun-cheol Park: <https://orcid.org/0000-0002-2306-5398>; Yo Huh: <https://orcid.org/0000-0002-1220-1534>; Kyoungwon Jung: <https://orcid.org/0000-0001-7895-0362>; Junsik Kwon: <https://orcid.org/0000-0003-3164-4995>; Jonghwan Moon: <https://orcid.org/0000-0002-4630-3301>; Jiyoung Kim: <https://orcid.org/0000-0003-4813-1096>; Juryang Kim: <https://orcid.org/0000-0002-6622-3923>; Kyungiin Hwang: <https://orcid.org/0000-0002-5922-4186>; Seong Keun Yun: <https://orcid.org/0000-0002-3933-8573>; John Cook-Jong Lee: <https://orcid.org/0000-0002-5468-3340>

REFERENCES

1. Littlewood N, Parker A, Hearn S, Corfield A. The UK helicopter ambulance tasking study. *Injury* 2010;41(1):27-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.04.002>.
2. Baxt WG, Moody P. The impact of a rotorcraft aeromedical emergency care service on trauma mortality. *JAMA* 1983;249(22):3047-3051.
3. Hankins D. Cost-effectiveness of physician-staffed HEMS transport to a major trauma center. *Air Med J* 2013;32(2):64-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amj.2012.12.004>.
4. American College of Surgeons Committee on Trauma. Prehospital trauma care. In: American College of Surgeons Committee on Trauma, editor. Resources for optimal care of the injured patient. 6th ed. Chicago (IL): American College of Surgeons Committee on Trauma; 2014. pp. 26.
5. Talving P, Teixeira PG, Barmparas G, DuBose J, Inaba K, Lam L, et al. Helicopter evacuation of trauma victims in Los Angeles: does it improve survival? *World J Surg* 2009;33(11):2469-2476. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0185-1>.
6. Bartolacci RA, Munford BJ, Lee A, McDougall PA. Air medical scene response to blunt trauma: effect on early survival. *Med J Aust* 1998;169(11-12):612-616.
7. Baxt WG, Moody P. The impact of a physician as part of the aeromedical prehospital team in patients with blunt trauma. *JAMA* 1987;257(23):3246-3250. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.1987.03390230082029>.
8. Garner AA. The role of physician staffing of helicopter emergency medical services in prehospital trauma response. *Emerg Med Australas* 2004; 16(4):318-323. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2004.00636.x>.
9. Baxt WG, Moody P, Cleveland HC. Hospital-based rotorcraft aeromedical emergency care services and trauma mortality: a multicenter study. *J Trauma Acute Care Surg* 1986;26(8):762. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-198608000-00018>.
10. Burney RE, Hubert D, Passini L, Maio R. Variation in air medical outcomes by crew composition: a two-year follow-up. *Ann Emerg Med* 1995; 25(2):187-192. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(95\)70322-5](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(95)70322-5).
11. Jung K, Huh Y, Lee JC, Kim Y, Moon J, Youn SH, et al. Reduced mortality by physician-staffed HEMS dispatch for adult blunt trauma patients in Korea. *J Korean Med Sci* 2016;31(10):1656-1661. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.10.1656>.
12. American College of Surgeons Committee on Trauma. Descriptions of trauma center levels and their roles in a trauma system. In: American College of Surgeons Committee on Trauma, editor. Resources for optimal care of the injured patient. 6th ed. Chicago (IL): American College of Surgeons Committee on Trauma; 2014. pp. 16-21.
13. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A revision of the Trauma Score. *J Trauma* 1989;29(5):623-629. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-198905000-00017>.
14. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Injury severity scoring again. *J Trauma* 1995;38(1):94-95. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-199501000-00024>.
15. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW Jr, et al. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma* 1990;30(11):1356-1365. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-199011000-00008>.
16. Hankins DG. Air medical transport of trauma patients. *Prehosp Emerg Care* 2006;10(3):324-327. DOI: <https://doi.org/10.1080/10903120600728748>.
17. Muller A, Prohn MJ, Huster KM, Nowak D, Angerer P, Herbig B. Pilots' age and incidents in helicopter emergency medical services: a 5-year observational study. *Aviat Space Environ Med* 2014;85(5):522-528. DOI: <https://doi.org/10.3357/ASEM.3861.2014>.
18. Ishikawa K, Jitsuiki K, Ohsaka H, Yoshizawa T, Obinata M, Omori K, et al. Management of a mass casualty event caused by electrocution using doctor

- helicopters. *Air Med J* 2016;35(3):180-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amj.2015.12.012>.
19. Gangwon Fire Headquarter. A study on the efficient management of fire service's helicopter operation. Proceedings of the 26th National Security 119 Fire Service Policy Conference; 2014 Sep 30; Cheonan, Korea. Sejong: Ministry of Public Safety and Security; 2014.
 20. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Aircraft registration status [Internet]. Sejong: MOLIT Statistics System; 2017 [cited 2018 Jun 18]. Available from: <http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView>.
 21. Statistics Korea. Statistics of emergency medicine: status of transfer modes for severe injured patients (ICISS_2008, cities and provinces) [Internet]. Daejeon: Statistics Korea; 2016 [cited 2018 Jun 18]. Available from: <http://kosis.kr>.
 22. Ministry of Health and Welfare. Launching the air ambulance services for island Residents. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2011.
 23. National Medical Center. 2016 Annual report helicopter emergency medical service. Seoul: National Medical Center; 2016.
 24. Taylor CB, Curtis K, Jan S, Newcombe M. Helicopter emergency medical services (HEMS) over-triage and the financial implications for major trauma centres in NSW, Australia. *BMC Emerg Med* 2013;13:11. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-227X-13-11>.
 25. Englum BR, Rialon KL, Kim J, Shapiro ML, Scarborough JE, Rice HE, et al. Current use and outcomes of helicopter transport in pediatric trauma: a review of 18,291 transports. *J Pediatr Surg* 2017;52(1):140-144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2016.10.030>.
 26. Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease: among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. *Sci Am* 1983;249(2):28-35.
 27. Sampalis JS, Lavoie A, Williams JI, Mulder DS, Kalina M. Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients. *J Trauma* 1993;34(2):252-261. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-199302000-00014>.
 28. Harrington DT, Connolly M, Biffi WL, Majercik SD, Cioffi WG. Transfer times to definitive care facilities are too long: a consequence of an immature trauma system. *Ann Surg* 2005;241(6):961-966. DOI: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000164178.62726.f1>.
 29. Lee JH, Lim KS, Ahn R, Seo DW, Ahn S, Kim W, et al. The evaluation of the hospital transfer adequacy to the tertiary hospital in trauma patients. *J Korean Soc Traumatol* 2003;16(16):37-42.
 30. The Korean Society of Traumatology. Introduction of trauma care. In: The Korean Society of Traumatology, editor. Trauma. Paju: Koonja Publisher; 2001. pp. 3-21.
 31. Garner A, Rashford S, Lee A, Bartolacci R. Addition of physicians to paramedic helicopter services decreases blunt trauma mortality. *Aust N Z J Surg* 1999;69(10):697-701. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1622.1999.01688.x>.
 32. Schmidt U, Frame SB, Nerlich ML, Rowe DW, Enderson BL, Maull KI, et al. On-scene helicopter transport of patients with multiple injuries: comparison of a German and an American system. *J Trauma* 1992;33(4):548-553. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005373-199210000-00010>.
 33. Rasmussen K, Roislien J, Sollid SJ. Does medical staffing influence perceived safety?: an international survey on medical crew models in helicopter emergency medical services. *Air Med J* 2018;37(1):29-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amj.2017.09.008>.
 34. Ministry of Health and Welfare. Operational guidelines for helicopter emergency medical service. 3rd ed. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2016.
 35. Greene MJ. 2014 critical care transport workplace and salary survey. *Air Med J* 2014;33(6):257-264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amj.2014.09.008>.
 36. Ministry of the Interior and Safety. Standard guidelines of 119 paramedics for on-site first aid. 3rd ed. Seoul: Ministry of the Interior and Safety; 2015.
 37. Kim Y, Jung KY, Cho KH, Kim H, Ahn HC, Oh SH, et al. Preventable trauma deaths rates and management errors in emergency medical system in Korea. *J Korean Soc Emerg Med* 2006;17(5):385-394.
 38. Dong CB. A study on duty performance of 119 rescuers [dissertation]. Seoul: Kyung Hee University; 2000.
 39. Uhm TH, Park SK. Correlation between scope of practice and clinical paramedic properties. *J Korea Acad-Ind Coop Soc* 2012;13(12):5968-5975.
 40. Davis DP, Fisher R, Buono C, Brainard C, Smith S, Ochs G, et al. Predictors of intubation success and therapeutic value of paramedic airway management in a large, urban EMS system. *Prehosp Emerg Care* 2006; 10(3):356-362. DOI: <https://doi.org/10.1080/10903120600725751>.
 41. Mann NC, Pinkney KA, Price DD, Rowland D, Arthur M, Hedges JR, et al. Injury mortality following the loss of air medical support for rural interhospital transport. *Acad Emerg Med* 2002;9(7):694-698. DOI: <https://doi.org/10.1197/aemj.9.7.694>.
 42. Moylan JA. Impact of helicopters on trauma care and clinical results. *Ann Surg* 1988;208(6):673-678. DOI: <https://doi.org/10.1097/0000658-198812000-00001>.
 43. Floccare DJ, Stuhlmiller DE, Braithwaite SA, Thomas SH, Madden JF, Hankins DG, et al. Appropriate and safe utilization of helicopter emergency medical services: a joint position statement with resource document. *Prehosp Emerg Care* 2013;17(4):521-525. DOI: <https://doi.org/10.3109/10903127.2013.804139>.

Appendix 1. Staffing of trauma team for helicopter emergency medical service

Team composition	No. (%)
Total	321 (100.0)
Physician(s) and registered nurse	303 (94.4)
Physician(s) and level 1 emergency medical technician	10 (3.1)
Physicians	8 (2.5)

Appendix 2. Staffing of paramedic(s)* for HEMS

License category	TTS-HEMS		119-HEMS	
	Helicopter	Ground	Helicopter	Ground
No. of cases with records	321 (100.0)	170 (100.0)	40 (100.0)	36 (100.0)
Level 1 EMT (1)	218 (67.9)	124 (72.9)	17 (42.5)	26 (72.2)
RN (1)	56 (17.4)	12 (7.1)	4 (10.0)	0
Level 1 EMT (2)	16 (5.0)	26 (15.2)	3 (7.5)	1 (2.8)
Level 1 EMT (1) and RN (1)	3 (0.9)	4 (2.4)	2 (5.0)	3 (8.4)
Level 1 EMT (1) and level 2 EMT (1)	24 (7.5)	4 (2.4)	12 (30.0)	3 (8.3)
Level 2 EMT (1 or 2)	4 (1.3)	0	2 (5.0)	3 (8.3)

Values are presented as number (%).

HEMS, helicopter emergency medical service; TTS-HEMS, trauma team (including physician)-staffed helicopter emergency medical service; 119-HEMS, paramedic-staffed helicopter emergency medical service; EMT, emergency medical technician; RN, registered nurse.

*Including only emergency medical service personnels belonging the Fire and Disaster Headquarters (119).