헬리콥터 응급의료체계의 개요

최 한 주 · 김 형 일

단국대학교 의과대학 응급의학교실

Introduction and characteristics of helicopter emergency medical services

Han Joo Choi, MD · Hyung Il Kim, MD

Department of Emergency Medicine, Dankook University College of Medicine, Choenan, Korea

Helicopter emergency medical services (HEMS) are a part of air medical services. The transportation of patients using helicopters or airplanes is a core element of the air medical services. HEMS have developed from military-based transportation, which used helicopters on the battlefield. HEMS have played an important role in properly transporting critical patients before the golden time elapses. The optimal strategies for the operation of HEMS at any emergency medical system are dependent on the characteristics of the regional emergency medical system, diversity of HEMS organizations, and the legal background of each country. Therefore, every participant, including the government, medical personnel, and HEMS organizations, should concentrate their efforts toward the establishment of HEMS. Other than the factors related to patients, the key element in facilitating the establishment of HEMS is the safety of the flight and crew members.

Key Words: Air ambulances; Emergency medical services; Critical illness

서론

헬리콥터 응급의료체계는 영미권의 응급의료 선진국에서 helicopter emergency medical services (HEMS)로 불리며 항공의료서비스의 일부이다. 응급의료 영역에서의 항공의료 서비스는 주로 항공이송을 지칭한다. 항공이송이란 현장 또는 의료기관 사이에서 환자를 옮기는 데에 항공기를 이용하는 것을 말한다. 항공의료서비스라는 용어는 항공이송 과정

을 전문화된 의료서비스를 제공할 수 있는 인력이 탑승하여 담당하고, 실질적인 환자 진료와 환자 감시를 시행할 수 있을 때에 사용할 수 있다. 현장에서 병원으로 환자를 후송하기 위하여 항공기를 이용한 최초의 사례는 제1차 세계대전 때부터 시작되었으며 오늘날에는 민간 항공이송 기관과 소방 또는 군 등의 공공조직에 의하여 회전익 항공기로 불리는 헬리콥터와 고정익 항공기로 불리는 제트비행기를 이송수단으로 항공이송이 이루어진다. 항공의료서비스를 가장 앞서 도입한 미국의 경우 전체 이송환자의 3%를 항공이송이 담당하고 있으며, 전국에 걸쳐 300여 개의 HEMS 운영기관, 100여 개의 운영기지, 1,400여 대의 항공기가 운행 중이라는 보고가 있다(2017 Atlas and Database of Air Medical Services, ADAMS) [1].

본격적으로 HEMS가 도입된 1970년대 이후, HEMS의 적용, 이송담당 인력의 고도화, 헬리콥터 및 의료장비의 발달,

Received: March 2, 2020 Accepted: April 3, 2020

Corresponding author: Han Joo Choi
E-mail: iqtus@dankook.ac.kr

© Korean Medical Association

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.

이송 중 제공 가능한 의료서비스의 향상 등 많은 변화가 있었다. HEMS를 운영하는 국가별 특성, 운영 주체의 특성, 운영체계 성장과정에서의 역사적인 배경, 국가별 의료행위의 법적인 허용 범위 등에 따라 다양한 모습으로 헬기를 이용한 항공이송이 이루어지고 있다.

항공이송 및 HEMS의 역사

응급의료체계의 발전과정에서 비행 중에 의료서비스를 제공하자는 최초의 발상은 군대에서 이루어졌다. 역사상 최초로 남아있는 항공이송에 대한 개념은 1870년 프로이센 군대의 파리포위작전에서 전투 중 발생한 외상환자의 이송에 열기구 사용하자는 제안에 대한 기록이다[2]. 실제로 환자의 이송에 항공기가 사용된 사례는 제1차 세계대전 중에 이루어졌다. 프랑스군은 1915년 세르비아 전장에서 고정익 항공기를 이용하여 환자를 후송하였고, 영국군은 1917년 터키 전장에서 발생한 총상환자를 항공기에 태워 이송한 최초의 사례를 보고하였다.

수직 이륙에 대한 개념은 기원 전 400년 중국의 기록으로 거슬러 올라간다. 이것이 가능하도록 만든 기계장치에 대한 디자인은 1480년대 Leonardo da Vinci 도안이 유명하다. 실제로 이륙이 가능했던 기계장치는 프랑스의 Jacques과 Louis Breguet 형제가 개발한 Gyroplane 1호로, 1907년 수 분동안 0.6 m 거리를 비행했다. 최초로 대량생산에 성공한 헬리콥터는 러시아 출신 미국의 기술자 Igor Sikorsky에 의하여 개발된 ‘Sikorsky R-4’로 그는 항공기 제작 후 1944년 미군에 자신의 헬리콥터를 납품하였다. 당시는 제2차 세계대전 중이었으므로 이 최초의 상용 헬리콥터는 즉시 전장에 투입되었고, 1944년 버마 전장에서 부상당한 군인들을 후방으로 이송하는데 사용되었다. 이것이 사실상 최초로 보고된 헬기를 이용한 현장에서의 환자이송 사례이다. 이후 프랑스군은 인도차이나 전장에서 헬기를 환자이송에 사용하였고 1950년 발발한 한국전쟁에서 미군은 야전병원에서 응급처치를 마친 중증외상 환자를 병원선이나 후방의 병원으로 후송하는 데에 헬리콥터를 사용하였다. 1969년 발발한 베트남

전에서 미군은 ‘Dustoff’로 불렸던 UH-1 헬리콥터를 환자 이송 전용으로 개조하여 운영하였고 환자이송을 위하여 전문적으로 훈련된 이송팀을 함께 운영하여 전쟁기간 동안 약 80만 명의 부상자를 후송하였다. 현대군에서 헬리콥터를 이용한 환자이송은 이후 상식이 되었다.

항공이송의 발전은 전장에서 부상자의 생존율을 향상시키는 데에 기여해 왔다. 손상 후 최종치료에 제공될 때까지의 시간과 사망률을 시대에 따라 비교해보면, 제1차 세계대전에서 12-18시간, 8.8%, 제2차 세계대전에서 6-12시간, 5.8%, 한국전쟁에서 2-4시간, 2.4%, 베트남전에서 1-1.4시간, 1.7%로 급격한 생존율의 증가에 항공이송의 발달이 기여해 왔음을 알 수 있다.

민간 영역에서는 1920-1930년대에 걸쳐 영토가 넓은 캐나다, 호주, 북유럽 등지에서 산발적으로 이루어진 항공이송이 그 시초이다. 유럽지역에서 헬리콥터가 병원기반으로 운영된 최초의 사례는 1970년 독일, 뮌헨의 ‘Christoph 1’으로, 이후 2007년 ‘Christoph 80’까지 성공적으로 정착하였다. 미국의 경우 전쟁 후인 1947년 ‘Schaefer Ambulance Service’라는 항공이송업체가 로스엔젤레스에 설립된 것이 최초의 민간 항공이송단체이다. HEMS가 민간이송 영역에서도 환자의 예후를 향상시킬 수 있는지에 대한 시범사업이 1969년 수행되었고 그 성과가 인정되어 1972년 최초의 민간병원 기반 헬리콥터가 덴버에서 운영되기 시작했다. 현재는 미국, 유럽지역을 넘어 전 세계에 걸쳐 민간영역의 HEMS 시스템이 구축되어 운영되고 있다[3].

HEMS의 일반적 특성

헬리콥터는 시속 160-320 km의 속도로 운항하며 반경 100-300 km의 지역을 활동범위에 놓고 운항이 가능하다. 지상으로의 접근이 어려운 지역에서의 이송가능, 교통체증에 의한 이송지연이 없다는 점, 빠른 속도로 장거리 이송이 가능하다는 기본적인 특성 등으로 인하여 육상이송이 갖는 한계점을 극복할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이륙 및 운

항을 위한 기후의 영향을 받는 점, 야간이송의 어려움, 운항의 안전을 확보하기 위한 수칙에 대한 교육 및 훈련이 필요한 점, 상대적으로 좁은 기내 처치공간, 준비된 착륙장소가 선호되며 현장안전의 확보가 중요한 점 등 한계점도 명확하므로 지역 응급의료의 특성에 따라 그 효율적인 운영에 대한 고민이 필요하다.

운항기체의 특성에 대한 이해와 함께 운영인력을 잘 구성하는 것 역시 HEMS의 성공적인 운영을 위한 필수요소이다. 임무의 특성상 조종사에게는 일반적인 기체 운항 외에 응급의료 운항에 특화된 교육과 자격의 유지가 필요하다. 미국에서는 1990년대부터 정부와 Commission on Air Medical Transportation System이라는 위원회를 통하여 HEMS를 운항하는 조종사의 자격기준과 교육을 강화하고 지금까지 관리하여 왔다. 헬리콥터에 탑승하는 의료인력의 경우 다양한 직역의 조합이 존재하는데 각 나라의 사정에 따라 의사-간호사, 응급구조사-간호사, 간호사-간호사 등으로 나눌 수 있다. 전 세계적으로는 의사-간호사 조합의 비중이 줄고 있으며 호흡관리가 가능한 팀의 구성이 강조되고 있다. 항공팀에 속하는 의사의 자격은 역시 국가마다 차이가 있으나 응급의학 전문의 또는 중환자처치에 대한 수련을 받은 자를 권고한다. 호주의 경우 법률로 그 자격을 정하고 있다. 응급구조사는 기본적인 구조사 자격증 외에 항공팀에서 근무할 수 있는 자격을 별도로 요구하기도 한다(미국의 경우 certified flight paramedic [FP-C] 자격이 필요하다). 간호사 역시 의사와 마찬가지로 중증응급환자를 치료할 수 있는 능력을 요구 받으며 별도의 자격을 요구하는 나라도 있다(미국의 경우 emergency nursing [CEN], flight nursing [CFRN], critical care [CCRN] 자격을 요구한다)[4].

HEMS의 주요 미션이 중증응급환자의 이송이기 때문에 기내에 갖추어진 장비들도 이 목적에 부합된 것들을 갖추게 된다. 공간이 협소하고 지상보다 공기압이 낮은 상황을 염두에 두어야 하므로 장비의 크기가 크지 않고 항공이송에 적합하다는 인증을 받은 장비를 탑재한다. 다만 헬리콥터는 고도 300 m 이내의 높이에서 활동하는 것이 일반적이므로 고정익 항공기의 장비가 갖는 공기압에 대한 한계점에서 일부분 자유롭다[5-7].

HEMS의 운영원칙

HEMS는 환자의 단순한 이송에서 중증응급환자에 대한 최선의 치료를 가능하면 현장 단계에서 또는 항공의료팀이 환자와 만나는 순간부터 제공하는 것을 목표로 발전되어 왔다. HEMS의 운영을 통하여 해당 응급의료체계는 보다 넓은 지역, 특히 시골지역 같은 지역 내의 의료취약지에서 발생한 환자의 골든타임을 지키고 최종 치료가 가능한 의료기관으로 이송하는 임무수행에 기여해 왔다. HEMS가 미션을 수행하는 초기 단계에서 고려해야 할 중요한 점은 임무수행의 이점과 위험성을 따져 보는 것이다. 특히 사고발생의 위험성과 그로 인하여 항공의료팀 팀원들에게 미칠 수 있는 상해를 예방하는 것은 판단의 중요한 기준이 되며 이를 위하여 HEMS 운영의 원칙을 숙지하는 것, 팀활성화의 적응증과 금기증을 명확하게 하는 것이 필요하다.

미국의 경우 American College of Emergency Physicians, National Association of EMS Physicians, Air Medical Physician Association 등의 항공의료팀의 멤버, 의료지도 담당의사, 응급실에서 근무하는 응급의학 전문의들이 함께 HEMS의 적절한 운영방안을 고민하고 최적의 활성화 방안을 제안하고 있다. 그들이 제안한 원칙들은 다음과 같다. 가장 중요한 원칙은 중증치료가 필요한 환자에게 최선의 치료가 제공되어야 한다는 것이다. 환자가 중환이거나 불안정할 때는 신속한 이송이 고려되어야 하며 이송 중에도 최선의 처치가 이루어져야 한다. 주어진 상황에서 최종처치기관에 환자를 이송하기 위한 최적의 이송수단을 고려하여 결정하여야 한다. 이때 이송의 지연을 최소화하기 위한 노력이 필요하다. 환자의 상태에 따라 가장 적합한 이송요원의 수준이 고려되어야 한다. 빠른 이송보다 이송 중 처치가 우선되어야 한다면 지상이송이 먼저 고려될 수도 있다(미국의 특성). 중증응급환자라도 환자의 상태가 안정적이고 빠른 이송의 우선순위가 떨어진다면 지상이송이 더 좋은 수단일 수 있다. 다양한 이유의 재난상황에서 다수의 이송필요 환자가 현장에서 발생한다면 HEMS의 활성화를 고려할 수 있다.

질환의 유형에 따라서도 HEMS를 활성화 할 수 있다. 미국 질병관리본부에서 제안하는 인정기준에 부합하는 중증외상환

자, 즉각적인 검사나 수술적인 치료가 필요하다고 판단되지만 환자가 내원한 병원에서 감당할 수 없는 외상환자가 있을 경우 헬기이송을 고려한다. ST 분절 상승 심근경색, 추가 술기가 필요한 심인성 쇼크, 응급처치가 필요한 심낭압전, 급성심근파열 등이 있을 때에도 이송을 고려한다. 골든타임 내에 도착한 뇌경색 환자, 각종 뇌출혈 환자, 신경학적인 증상을 동반한 척수손상 환자, 지속성 경련 환자도 이송을 고려한다. 분만과 연관된 산부인과적인 응급환자 역시 고려대상이다. 신생아 치료가 가능한 상급의료기관으로의 이송이 필요할 때 전문적인 이송장비가 갖추어져 있다면 이송을 고려할 수 있다. 기타 내과적, 외과적 질환을 갖고 있는 환자가 심장 또는 전문적인 호흡기 치료가 필요할 때, 승압제의 유지가 필요한 쇼크일 때, 중독환자, 긴급 투석치료가 필요할 때, 지속적인 장내출혈이 있을 때, 특별한 수술적 처치가 필요할 때 등에서 HEMS의 활성화를 고려한다. 심정지 환자의 경우 아직 HEMS를 통한 이송의 이점을 찾기 어렵다. 질환 자체의 위중함도 있지만 이송 중의 좁은 처치 공간, 한정된 인력과 장비의 특성상 최적의 치료를 제공하기 어렵기 때문이다[8-11].

다만 외상이나 질환의 특성이 이송기준에 해당하다고 해도 개별 의료시스템의 특성, 수용기관의 준비 여부, 지역적인 응급의료체계의 특성이 이송 활성화에 함께 영향을 미친다. Eaton 등[12]의 연구에 의하면 지역의 응급의료시스템의 특성, HEMS 운영기관 및 의료진의 다양성 등의 이유로 모든 HEMS 기관에 동일하게 적용할 수 있는 활성화 기준을 마련하는 것은 사실상 불가능하다고 하였다. 다만 외상환자의 경우, 환자의 사고 기전이나 현장에서의 생리적인 지표를 HEMS 활성화 기준으로 삼았을 때 그나마 가장 정확한 지표가 될 수 있었다고 보고하였다.

HEMS 활성화의 금기증은 운항의 안전과 관련된 요소들이다. 시정, 바람, 짙은 구름, 비, 눈, 우박, 뇌우 등의 악천후 상황은 운항의 가장 큰 장애요인이다. 다만 날씨를 이유로 운항 요청을 기각할 때 헬기탑승자만의 결정으로 이루어져서는 안되며 운항통제사 등 항공기 안전을 담당하는 전문요원의 자문 하에 결정되어야 한다. 몇 가지 환자 요인도 금기증에 해당한다. 만일 환자의 몸무게(의료장비를 포함한)가 이륙 중량을 초과할 때 운항을 기각할 수 있다. 조절되지

않는 폭력적인 환자는 이송을 거부할 수 있다. 이들은 항공기 내에서의 안전을 결정적으로 위협할 수 있다. 위험한 물질에 노출되어 제독이 되지 않은 상태의 환자 이송도 거부할 수 있다. 제독되지 않은 오염 환자는 이송 중에 의료진 및 조종사를 이차 오염시킬 수 있으며 연관된 안전사고의 발생을 유발할 수 있다. 환자요인과 관련된 상대적인 금기증으로는 출산이 임박한 산모의 이송, 전술한 바와 같은 심정지 환자의 이송, 기도유지를 포함한 술기가 시행되지 않은 환자의 즉각적인 이송, 고도변화에 의하여 추가적인 손상이 유발될 수 있는 가능성이 있는 환자 등이다. 이러한 금기증들은 헬기 기체 내라는 한정된 공간에서 최선의 치료를 제공하기가 불가능한 상황이기 때문에 발생한다. 만약 술기가 필요한 환자라면 헬기에 태우기 전 술기를 종료하고 이송하는 것이 원칙이다. 기흉, 감압병, 기복증, 장폐쇄 등의 질환 환자를 이송할 때는 기압손상의 가능성이 상존하므로 이송에 더욱 주의 기울여야 한다[13-17].

결론

HEMS가 중증응급환자의 골든타임을 지키고 치료가 필요한 환자를 최종치료가 가능한 의료기관으로 이송하는 데에 중요한 역할을 담당하고 있다는 것은 이송환자의 생존율의 향상으로 증명된다. 다만 적절한 운영을 위한 최적화 방안은 지역 응급의료의 특성, HEMS 운영기관의 다양성, 각 운영국가의 법적인 배경 등에 따라 다양하므로 운영체계의 정착을 위한 부가적인 노력이 필요하다. 환자의 이송과 함께 중요한 고려사항은 안전한 운항이므로 HEMS의 활성화를 고려할 때는 항공의료팀의 안전에도 깊은 주의를 기울여야 한다.

찾아보기말: 응급헬기; 응급의료서비스; 중증응급질환

ORCID

Han Joo Choi, <https://orcid.org/0000-0002-5555-986X>

Hyung Il Kim, <https://orcid.org/0000-0002-2843-5597>

Conflict of Interest

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

References

1. Taylor BN, Rasnake N, McNutt K, McKnight CL, Daley BJ. Rapid ground transport of trauma patients: a moderate distance from trauma center improves survival. *J Surg Res* 2018;232:318-324.
2. Lam DM. To pop a balloon: aeromedical evacuation in the 1870 siege of Paris. *Aviat Space Environ Med* 1988;59:988-991.
3. Lam DM. Wings of life and hope: a history of aeromedical evacuation. *Probl Crit Care* 1990;4:477-494.
4. 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;25:187-192.
5. Thomas SH, Brown KM, Oliver ZJ, Spaite DW, Lawner BJ, Sahni R, Weik TS, Falck-Ytter Y, Wright JL, Lang ES. An evidence-based guideline for the air medical transportation of prehospital trauma patients. *Prehosp Emerg Care* 2014;18 Suppl 1:35-44.
6. Tomazin I, Vegnuti M, Ellerton J, Reisten O, Sumann G, Kersnik J. Factors impacting on the activation and approach times of helicopter emergency medical services in four Alpine countries. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012;20:56.
7. Hopkins CL, Youngquist ST, McIntosh SE, Swanson ER. Helicopter emergency medical services utilization for winter resort injuries. *Prehosp Emerg Care* 2011;15:261-270.
8. Wigman LD, van Lieshout EM, de Ronde G, Patka P, Schipper IB. Trauma-related dispatch criteria for Helicopter Emergency Medical Services in Europe. *Injury* 2011;42:525-533.
9. Thomas SH, Kociszewski C, Schwamm LH, Wedel SK. The evolving role of helicopter emergency medical services in the transfer of stroke patients to specialized centers. *Prehosp Emerg Care* 2002;6:210-214.
10. Griggs JE, Jeyanathan J, Joy M, Russell MQ, Durge N, Bootland D, Dunn S, Sausmarez ED, Wareham G, Weaver A, Lyon RM; Kent, Surrey & Sussex Air Ambulance Trust. Mortality of civilian patients with suspected traumatic haemorrhage receiving pre-hospital transfusion of packed red blood cells compared to pre-hospital crystalloid. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2018;26:100.
11. Sebastian C, Collopy K, Clancy TV, Acquista E. Analysis of helicopter-transported trauma patients at a regional trauma

center. *Am Surg* 2018;84:952-958.

12. Eaton G, Brown S, Raitt J. HEMS dispatch: a systematic review. *Trauma* 2018;20:3-10.
13. Dukes SF, Maupin GM, Thomas ME, Mortimer DL. Pressure injury development in patients treated by critical care air transport teams: a case-control study. *Crit Care Nurse* 2018; 38:30-36.
14. McNeill MM. Critical care performance in a simulated military aircraft cabin environment. *Crit Care Nurse* 2018;38:18-29.
15. Hon HH, Wojda TR, Barry N, MacBean U, Anagnostakos JP, Evans DC, Thomas PG, Stawicki SP. Injury and fatality risks in aeromedical transport: focus on prevention. *J Surg Res* 2016;204:297-303.
16. Coggins AR, Cummins EN, Burns B. Management of critical illness with non-invasive ventilation by an Australian HEMS. *Emerg Med J* 2016;33:807-811.
17. Song HG. Emergency medical helicopter: ER in the sky. *J Korean Med Assoc* 2007;50:541-548.

Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 헬리콥터 응급의료체계(HEMS)의 역사, 효과, 특성, 운영 원칙 등 전반적인 개요를 정리한 논문이다. 현재 노령인구의 증가, 세계 최고 수준의 교통사고 사망자 및 산업재해 사망자 수 등 사회적인 특성과 넓은 도서지역, 국토 대부분이 산지인 점 등 지리적인 특성 등으로 인해 국내의 헬리콥터 응급의료 체계의 수요는 앞으로도 크게 증가될 전망이다. 헬리콥터 응급의료체계는 각 지역의 특성이나, 운영기관, 법적 배경을 반영하여 운영하는 것이 중요하고, 안전이 최우선의 고려사항이라는 점을 강조하고 있다. 또한, 인력적 부분 이외에도 헬기의 안전한 운행을 위한 국가적인 기반시설이 필요하며 각 지역의 특색을 잘 고려하여 운영하는 것이 중요함을 잘 설명해 주고 있다. 정부에서도 헬리콥터 응급의료체계의 중요성을 인식하고, 확대해 나가고 있는 시점이므로, 이 논문을 통해 헬리콥터 응급의료 체계의 필요성과 중요성에 대한 인식을 높여주는데 크게 기여할 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]