

2016년 대한흉부심장혈관외과학회 통합 학술대회 및 연수교육

**【2016년 ECMO연구회 학술대회】**



## Regular Lab Monitor

울산대학교 의과대학 서울아산병원 흉부외과학교실

임 주 영

---

## Continuous Cardiac Output & mVO<sub>2</sub> Monitor

인제대학교 의과대학 상계백병원 흉부외과학교실

정 의 석

---

## NIRS Monitor

분당서울대학교병원 흉부외과학교실

김 동 중

---

## Continuous EEG Monitoring

전남대학교 의과대학 전남대학교병원 흉부외과학교실

### 정 인 석

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) has been used to treat various conditions developing from neonatal life to old age; the clinical results have improved over time. In Korea, the increasing use of ECMO circuits shows that ECMO applications have risen remarkably since 2005. Although the long-term neurological outcomes of ECMO survivors appear to be favorable, neurological complications remain very serious and are the leading causes of death.

Several factors increase the likelihood of the development of neurological complications during ECMO support, including the pre-ECMO condition of the patient (prolonged hypoxia and shock are common in most patients), exposure to systemic heparinization, cannulation of a cervical vessel (the carotid artery or jugular vein, particularly in neonates), changes in blood flow dynamics caused by the continuous non-pulsatile ECMO flow, and a micro-thromboembolism.

Many studies have shown that about 15–30% of children develop one or more neurological complications after ECMO. Cognitive impairment, such as mental retardation, is the most common disability, followed by motor and seizure disorders, and auditory and visual impairment. Neurological complications are among the most serious concerns of physicians monitoring ECMO; such outcomes may impact both quality of life and survival. Joffe et al. described the survival and neurological outcomes of children undergoing cardiac ECMO; the cumulative survival rate was 45% and the frequency of poor neurological outcomes was 51%. Among children in the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Registry, intracranial hemorrhage was reported in 7.4%, cerebral infarction in 5.7%, and clinically diagnosed seizures in 8.4%.

However, it is difficult to predict and evaluate intracranial injuries that develop in children during ECMO support; most such patients exhibit unstable vital signs, limiting the ability of physicians to schedule neuroimaging studies that require moving the patients. Brain ultrasonography (US) can be performed using portable devices and does not involve irradiation, but does not effectively detect small hemorrhagic or non-hemorrhagic lesions such as cerebral edema and infarcts. Brain computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are more accurate and sensitive but are difficult to perform during ECMO support.

Several studies have explored neurophysiological monitoring (e.g., electroencephalography [EEG]) of critically ill patients. In general, even during continuous bedside monitoring, EEG reflects only brain cortical activity, and is less effective when applied to sedated rather than conscious patients; sedation suppresses electrical activity. In addition, a well-trained expert such as a neurologist is required to record and interpret the data. Thus, only a few studies on EEG monitoring during ECMO support have appeared. In 2014, we reported our single-center experience with bedside neurophysiological EEG monitoring seeking to detect the development of intracranial injuries in children during ECMO support; we compared our data to post-ECMO neuroimaging findings and the evidence of immediate neurological impairments.

EEG monitoring yields valuable information on functional neurological status, enabling early intervention. It is widely

used in the ICU, particularly for comatose patients and those with convulsive or non-convulsive status epilepticus, acute structural brain lesions, and traumatic brain lesions. EEG monitors are portable, relatively inexpensive, and a monitor can be placed at the bedside of a patient with unstable vital signs. All patients in the current study underwent bedside EEG monitoring during ECMO support and received appropriate interventions as dictated by changes in the EEG data. Antiepileptic drugs were delivered by physicians or nurses when the EEG exhibited frequent sharp waves or spikes; osmotic agents were delivered when the EEG exhibited slow waves of either high- or low-amplitude. The pressure associated with marked brain edema triggers slow waves, and the extent of slowing revealed by EEG parallels the perfusion-weighted MRI lesion volume and the extent of brain edema. EEG is thought to be useful for monitoring brain perfusion, particularly in patients with ischemic brain injuries; the EEG outputs change as the cerebral blood flow varies (18). Children receiving ECMO support exhibit reduced brain perfusion and increased brain edema. We thus surmised that an osmotic agent would be of assistance; we delivered such agents prior to any aggressive intervention.

In conclusion, EEG monitoring during ECMO support allows earlier prediction of neurological complications and reduces secondary damage to the brain. EEG monitoring is useful for predicting the development of acute cerebral injury during ECMO support and can help physicians inform the family about the short-term neurological outcomes. We believe that bedside EEG usefully predicts neurological complications.

## References

1. Hamrick SE, Gremmels DB, Keet CA, et al. Neurodevelopmental outcome of infants supported with extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery. *Pediatrics* 2003 Jun;111(6 Pt 1):e671-675.
2. Lequier L, Joffe AR, Robertson CM, et al. Two-year survival, mental, and motor outcomes after cardiac extracorporeal life support at less than five years of age. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008 Oct;136(4):976-983 e973.
3. Joffe AR, Lequier L, Robertson CM. Pediatric outcomes after extracorporeal membrane oxygenation for cardiac disease and for cardiac arrest: a review. *ASAIO J* 2012 Jul-Aug;58(4):297-310.
4. Hervey-Jumper SL, Annich GM, Yancon AR, et al. Neurological complications of extracorporeal membrane oxygenation in children. *J Neurosurg Pediatr* 2011 Apr;7(4):338-344.
5. Benbadis SR, Tatum WO. Prevalence of nonconvulsive status epilepticus in comatose patients. *Neurology* 2000 Nov 14;55(9):1421-1423.
6. Jaitly R, Sgro JA, Towne AR, et al. Prognostic value of EEG monitoring after status epilepticus: a prospective adult study. *J Clin Neurophysiol* 1997 Jul;14(4):326-334.
7. DeLorenzo RJ, Waterhouse EJ, Towne AR, et al. Persistent nonconvulsive status epilepticus after the control of convulsive status epilepticus. *Epilepsia* 1998 Aug;39(8):833-840.
8. Pandian JD, Cascino GD, So EL, et al. Digital video-electroencephalographic monitoring in the neurological-neurosurgical intensive care unit: clinical features and outcome. *Arch Neurol* 2004 Jul;61(7):1090-1094.
9. Finnigan SP, Rose SE, Walsh M, et al. Correlation of quantitative EEG in acute ischemic stroke with 30-day NIHSS score: comparison with diffusion and perfusion MRI. *Stroke* 2004 Apr;35(4):899-903.
10. Gloor P, Ball G, Schaul N. Brain lesions that produce delta waves in the EEG. *Neurology* 1977 Apr;27(4):326-333.
11. Baron JC. Perfusion thresholds in human cerebral ischemia: historical perspective and therapeutic implications. *Cerebrovasc Dis* 2001;11 Suppl 1:2-8.
12. Bulas DI, Taylor GA, O'Donnell RM, et al. Intracranial abnormalities in infants treated with extracorporeal membrane oxygenation: update on sonographic and CT findings. *AJNR Am J Neuroradiol* 1996 Feb;17(2):287-294.
13. Bulas D, Glass P. Neonatal ECMO: neuroimaging and neurodevelopmental outcome. *Semin Perinatol* 2005 Feb;29(1):58-65.

# Acute Massive Pulmonary Embolism and ECMO

중앙대학교 의과대학 흉부외과학교실

홍 준 화

## 서 론

Acute massive pulmonary embolism (AMPE)은 그 정의상 발생 즉시 증상이 발현된(acute) pulmonary embolism중에 저혈압이나 쇼크와 같이 혈액학적으로 불안정한 증세(massive 또는 unstable)를 보이는 경우를 일컫는다. 이렇게 혈액학적으로 불안정한 환자의 경우 궁극적인 치료를 시행하는 것과 함께 순환보조(circulatory support)를 해주는 것이 중요한데, 많은 환자에서 약물 치료로는 적절한 순환보조에 한계가 있다. 또는, 심장마비 등을 첫 증세로 보일 정도로 심한 혈액학적 불안정성을 보이는 경우도 적지 않은데, 이런 경우에는 ECMO로 보조해 주는 것에 대한 연구와 경험이 점차 쌓이고 있다.

## 본 론

AMPE의 치료에 있어 extracorporeal membrane oxygenation(ECMO)를 사용하는 것에 대한 보고는 약 55년 전인 1961년으로 거슬러 올라 간다(1). 그 이후에도 많은 산발적인 보고들이 있었으나, 초기에는 대부분 실망스러운 결과가 보고되었다(2). 이런 결과들이 최근까지도 인용되며 반영되어 미국(3)이나 유럽(4)의 guidelines에서는 AMPE의 치료에 ECMO를 사용하는 것이 권고되지 않고 있다. 그러나, ECMO의 발전과 함께 질환 자체에 대한 이해와 치료에 발전을 거듭하면서 일부 기관(5) 또는 일부 국가(6)에서는 AMPE의 치료에 ECMO를 사용하여 좋은 결과를 보이고 있어, 이들의 자체 guideline에 ECMO를 포함시키고 있다.

AMPE의 치료는 크게 thrombolysis, catheter embolectomy, surgical embolectomy 등이 있을 수 있겠는데, 어떤 치료를 선택하던 약물로 유지가 힘든 환자의 경우에는 ECMO로 보조해 주면서 치료를 시도해 보는 것에 대한 연구는 점차 늘고 있으며, 긍정적인 결과가 보고되고 있다(7-9).

## 결 론

아직 주요 guideline에 ECMO가 AMPE의 치료법중 하나로 포함되지 않은 것은 아직 전향적 무작위 비교연구(prospective randomized controlled trial, RCT) 등이 시행된 적이 없어 그 증거가 불충분한 것으로 간주되기 때문이라고 생각된다. 병의 특성상 앞으로 RCT를 시행하는데 어려움이 있을 것으로 생각된다. 그러나, 환자별 상황에 맞는 판단하에 혈액학적으로 불안정한 환자에 있어서 적극적인 ECMO 치료는 AMPE를 치료할 수 있는 시간과 기회를 제공해 줄 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Cooley DA, Beall AC, Jr., Alexander JK. Acute massive pulmonary embolism. Successful surgical treatment using temporary

- cardiopulmonary bypass. *Jama* 1961;177:283-6.
2. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *Jama* 1979;242:2193-6.
  3. Jaff MR, McMurtry MS, Archer SL, et al. Management of massive and submassive pulmonary embolism, iliofemoral deep vein thrombosis, and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011;123:1788-830.
  4. Konstantinides SV, Torbicki A, Agnelli G, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European heart journal* 2014;35:3033-69, 3069a-3069k.
  5. Maggio P, Hemmila M, Haft J, Bartlett R. Extracorporeal life support for massive pulmonary embolism. *The Journal of trauma* 2007;62:570-6.
  6. Sakuma M, Nakamura M, Yamada N, Nakano T, Shirato K. Percutaneous cardiopulmonary support for the treatment of acute pulmonary embolism: summarized review of the literature in Japan including our own experience. *Annals of vascular diseases* 2009;2:7-16.
  7. Cho YH, Kim WS, Sung K, et al. Management of cardiac arrest caused by acute massive pulmonary thromboembolism: importance of percutaneous cardiopulmonary support. *ASAIO journal (American Society for Artificial Internal Organs : 1992)* 2014;60:280-3.
  8. Hashiba K, Okuda J, Maejima N, et al. Percutaneous cardiopulmonary support in pulmonary embolism with cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83:183-7.
  9. Jeong WJ, Lee JW, Yoo YH, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in bedside echocardiography-diagnosed massive pulmonary embolism. *The American journal of emergency medicine* 2015;33:1545.e1-2.

## 급성 전격심근염(Acute Fulminant Myocarditis)

한림대학교 의과대학 흉부외과학교실

김 형 수

심근염은 임상양상이 다양하여 진단하는 것이 까다롭다. 또한 정확한 진단을 위하여 심내막 조직 생검이 필요하지만, 통상적으로 시행하지 않기 때문에 실제적인 유용성을 알기는 어렵다. 일반적으로 젊은 성인의 갑작스런 심장사의 경우에서 부검을 통해 사망 원인이 심근염으로 진단되는 경우는 보고에 따라서 2~42%이다. 또한 성인 환자에서 설명되지 않는 비허혈성 확장성 심근염 중 조직 검사를 통해 심근염으로 진단된 경우는 9~16%에 불과하다. 심근염의 증상이 경미할 경우 특별한 치료 없이 회복되기도 하지만 확장성 심근염으로 진행되거나 사망에 이르게 될 수도 있다. 심근염 환자의 예후는 원인에 따라 다양하다. 따라서 심근염의 치료는 보존적 치료로 해결될 수도 있지만, 심내막 조직 검체의 면역조직화학검사, 분자생물학적 분석과 자기항체형질 검사를 통해 구체적인 원인에 따른 치료가 필요한 환자들을 선별하는 것 또한 매우 중요하다. 일반적인 심근염 환자들은 순환기 내과에서 진단과 치료를 담당하지만, 급성 전격심근염으로 불응성 심인성 속 상태나 심정지가 발생하여 기계적 보조장치가 필요한 경우에는 흉부외과와 협진이 요구된다.

급성 전격심근염은 임상적으로 빠른 발병과 중증의 혈액학적 불안정이 동반된 심장 염증(cardiac inflammation)으로 정의된다. 따라서 급성 전격심근염은 특정 조직학적 또는 면역조직학적 진단이나 이와 관계된 심장 기능 저하의 정도가 명확하게 정의되지 않은 임상적 증후군이다. 급성 전격심근염의 임상적 경과에는 빠른 심장기능의 회복과 비교적 양호한 초·중기 예후를 보이는 자연 치유 경과(self-limiting form)의 특징을 가지고 있다. 그러나 심장의 수축기능이 빠르게 손상되면서 불응성(refractory) 심인성 속이나 심정지가 갑자기 발생하면 적극적인 약물치료나 대동맥내 풍선 치료는 효과가 없어 결국에는 기계적 보조장치를 사용하여 환자의 심장이 회복되기를 기다리거나, 심장기능이 회복되지 않는 경우 심장이식 또한 고려하여야 한다. 이런 이유로 동-정맥 ECMO는 급성 전격심근염이 발생한 환자에서 급격하게 상태가 악화 될 때 신속하고 효과적인 치료 방법이다.

불응성 혈액학적 속이나 심정지가 발생한 경우, 기계적 보조 장치를 시행하여야 할 때 심실보조 장치 보다는 ECMO가 환자에게 비교적 복잡하지 않게 적용될 수 있다. 적절한 기계적 보조장치의 적용 시점은 혈액학적으로 불안정할 때이지만, 각 센터 마다 적용하는 시점에는 약간의 차이가 있다. 대만국립대 병원에서 심근염 환자에게 적용하였던 치료 지침을 소개 하고자 한다. Hsu 등은 inotropic equivalents, IE (=dopamine + dobutamine + 100xepinephrine + 100xnorepinephrine + 100xisoproterenol + 15xmilrinone) >40 ug/kg/min에서 적어도 4시간동안 수축기 혈압이 80 mmHg 이하, 펌프노(<0.5 ml/kg/h) 그리고 빈번한 심실조기박동이 관찰되면서, 급격하게 진행되는 심실기능 이상이 있거나 심정지가 발생하였을 때 ECMO 적용을 고려하였다. 좌측 심장 확장에 대한 좌측 심장 감압은 48-72시간 동안 폐부종이 지속되거나, 동맥의 맥압이 사라지거나, 대동맥 판막이 열리지 않을 때 좌심실 또는 좌심방을 통하여 시행되는 것이 고려되었다. 심내막 조직 생검은 심실보조장치나 central ECMO를 시행하는 환자는 수술을 통해 쉽게 얻을 수 있지만, peripheral ECMO를 적용하는 경우에는 환자 상태가 불안정한 상황으로 조직을 얻기 어려운 경우가 많다. ECMO의 이탈은 초기 48시간 이내에는 고려되지 않았고, 이후 IE<20 ug/kg/min에서 좌심실 구축률이 30% 이상으로 호전 되었을 때 시도하였다.

급성 전격심근염에서 적용한 에크모의 성적은 보고에 따라서 생존율이 59~100%로 비교적 우수한 편이다.

Table 5. Review of Published Studies That Included 6 or More Adults Patients Affected by Acute Fulminant Myocarditis and Supported by ECMO

| Reference              | Time Span | Patients, n | ECMO Weaning, n (%) | Survival to Hospital Discharge, n (%) | Postoperative Survival, % (follow-up, years) |
|------------------------|-----------|-------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| Kawahito et al [19]    | 1991-1997 | 6           | 5 (80)              | 5 (80)                                | NA   |
| Aoyama et al [5]       | 1989-2000 | 52          | 42 (80.7)           | 31 (59.6)                             | NA   |
| Chen et al [9]         | 1994-2001 | 15          | 14 (93)             | 11 (73)                               | NA   |
| Asaumi et al [13]      | 1993-2001 | 6           | 4 (67)              | 4 (67)                                | NA   |
| Maejima et al [14]     | 1991-2000 | 8           | NA                  | 6 (75)                                | 100 (range, 1.4-5.9)                         |
| Sezai et al [20]       | 1999-2006 | 7           | 7 (100)             | 7 (100)                               | NA   |
| Pages et al [6]        | 2001-2006 | 6           | 5 (83)              | 5 (83)                                | 80% (1)                                      |
| Thiagarajan et al [21] | 1992-2007 | 16          | NA                  | 9 (56)                                | NA   |
| Hsu et al [10]         | 1994-2009 | 51          | NA                  | 31 (61)                               | NA   |
| Mirabel et al [12]     | 2002-2009 | 35          | NA                  | 24 (69)                               | 100 (1.5)                                    |
| Beurtheret et al [22]  | 2005-2009 | 14          | NA                  | 9 (65)                                | NA   |
| Diddle et al [6]       | 1995-2014 | 147         | 101 (69)            | 90 (61)                               | NA   |

ECMO = extracorporeal membrane oxygenation; NA = not available.

*Ann Thorac Surg 2016;101:919-26.*

결론적으로, 불응성 심인성 속이 빠르게 진행되는 급성 전격심근염 환자들에게 적용할 수 있는 기계적 보조장치 중 ECMO는 보다 쉽고 신속하게 적용될 수 있다. ECMO의 적용 시점에 따라 환자의 예후에 영향을 줄 수 있기 때문에, ECMO의 적용 시점에 대한 명확한 기준을 각 센터에서 마련하고 있어야 치료 시기를 놓치지 않을 수 있다. 그리고 심근염의 원인은 매우 다양하여 이에 대한 정확한 진단과 치료를 위해서 해당 분야의 전문가와의 원활한 협진을 통한다면 환자의 예후를 호전시키는데 도움이 될 것으로 생각된다.

### 참고문헌

1. Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, Basso C, Gimeno-Blanes J, Felix SB, et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *European heart journal*. 2013;34(33):2636-48.
2. Lorusso R, Centofanti P, Gelsomino S, Barili F, Di Mauro M, Orlando P, et al. Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Acute Fulminant Myocarditis in Adult Patients: A 5-Year Multi-Institutional Experience. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;101(3):919-26.
3. Hsu KH, Chi NH, Yu HY, Wang CH, Huang SC, Wang SS, et al. Extracorporeal membranous oxygenation support for acute fulminant myocarditis: analysis of a single center's experience. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2011;40(3):682-8.
4. Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, Patel J, Arabia F, Moriguchi J, et al. Clinical outcomes in fulminant myocarditis requiring extracorporeal membrane oxygenation: a weighted meta-analysis of 170 patients. *Journal of cardiac failure*. 2014;20(6):400-6.

## Expansion of Donation after Cardiac Death

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 흉부외과학교실

조 양 현

---

## ECMO Support in Lung Transplantation

부산대학교 의과대학 양산 부산대학교병원 흉부외과학교실

손 봉 수

---

## Airway Support with ECMO

부산대학교 의과대학 부산대학교병원 흉부외과학교실

### 송 승 환

아직 Airway support를 위한 ECMO의 사용은 국내에 널리 보편화 되어있지는 않다. ELSO guidelines for adult respiratory failure에 따르면 severe air leak syndrome과 immediate cardiac or respiratory collapse(blocked airway)를 적응증으로 제시하고 있다. 2016년 개정된 국내 보건복지부 고시에서도 일시적인 air way유지를 위해 실시하는 경우(기도 이물질, 기도시술(수술) 등)과 심한 폐공기누출증후군(severe air leak syndromes)이 새로이 적응증으로 추가되었다.

국내외의 여러 증례 보고에 따르면 1. 외상으로 인한 기관 또는 기관지 손상에서 공기누출증후군이 심한 경우, 2. 기도내 이물로 인해 질식이 발생한 경우, 3. 기관협착증이나 기관연화증으로 인해 기도가 유지되지 않는 상황에서 기관지 내시경을 이용하여 시술 하는 경우나 근치적 재건 수술을 하는 경우, 4. 기관 내 종양의 치료, 5. 목이나 종격동의 종양으로 인해 외부적으로 기관지가 압박되어 수술이 필요한 경우 등에서 ECMO를 이용하여 저산소증을 예방하고 환자 상태를 안정적으로 유지하면서 시술 또는 수술을 성공적으로 시행할 수 있다고 보고하였다.

상기의 경우 대부분 정맥-정맥간 ECMO를 사용하게 되며 시술이나 수술을 통해 원인이 해결되면 단기간 내에 ECMO를 이탈할 수 있는 장점이 있다. 과거 ECMO의 사용이 원활하지 못하였던 시기에는 상기 질환을 치료하는 과정에서 저산소증으로 인한 심정지 등으로 인해 뇌손상 같은 치명적인 부작용이 문제가 되었었다. 이러한 위험성을 잘 평가하고 미리 ECMO를 이용하여 대비한다면 발생 가능한 부작용을 최소화 할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. ELSO Guidelines for Adult Respiratory Failure v1.3.
2. 체외순환막형산화요법의 인정기준, 보건복지부 고시 제2016-58호.
3. The Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation Therapy in the Delayed Surgical Repair of a Tracheal Injury. *Ann Thorac Surg* 2014;97:338-40.
4. Management of complicated airway foreign body aspiration using extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol* 78(2014)2319-2321.
5. Respiratory Support With Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation During Stenting of Tracheobronchomalacia. *Ann Thorac Surg* 2012;94:1736-7.
6. Use of Single Cannula Venous Venous Extracorporeal Life Support in the Management of Life Threatening Airway Obstruction. *Ann Thorac Surg* 2015;99:e63-5.
7. Extracorporeal Membrane Oxygenation Assisted Resection of Goiter Causing Severe Extrinsic Airway Compression. *Ann Thorac Surg* 2009;88:659-61.

## ECMO 적응증 고시안 안내

고려대학교 의과대학 흉부외과학교실

정 재 승

---