

제주대학교병원의 중증환자에게 적용된 체외막산화기의 임상 결과

김수완, 장지원, 이석재

제주대학교 의학전문대학원 흉부외과학교실

(Received May 28, 2013; Revised June 4, 2013; Accepted June 11, 2013)

Abstract

Clinical results of extra-corporeal membrane oxygenation for critically ill patients at Jeju National University Hospital

Su Wan Kim, Jee Won Chang, Seogjae Lee

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Jeju National University Hospital,
Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea

Extra-corporeal membrane oxygenation (ECMO) has the potential to rescue patients in cardiac arrest or respiratory failure. From February 2010 to August 2012, 22 patients in cardiac arrest due to acute myocardial infarction, heart failure, shock state, or respiratory failure underwent ECMO using the Capiox emergent bypass system, and we retrospectively reviewed the clinical results. We performed ECMO emergently for 12 patients (54.5 %), and especially six patients among them were during the cardiopulmonary resuscitation. There were five hemorrhagic complications which might be occurred from heparinization, and three patients among them could not maintain ECMO. Eight patients of the 15 patients who were undergone a veno-arterial type ECMO could be weaned from ECMO, and then four patients survived. On the other hand, five patients of the 7 patients who were undergone a veno-venous type ECMO could be weaned from ECMO, and then two patients survived. The weaning rate from ECMO was 59 %, which is reasonable and relatively higher than other worldwide reports. However, the survival rate was 27.3 % that was significantly lower. We suggest that the low survival rate despite the high weaning rate results from indiscreet selections for ECMO patients, and more cautious indication for ECMO could improve survival rate. (J Med Life Sci 2013;10(1):71-75)

Key Words : Extra-corporeal membrane oxygenation, Resuscitation, Acute respiratory distress syndrome, Cardiac arrest, Heart failure.

서론

최근 여러 종류의 자가충전식 경피적 순환보조장치의 보급으로 빠른 시간내에 전신 순환 및 체내 산소공급을 유지시킬 수 있게 되면서, 병원내 급성 심정지 혹은 심인성 쇼크 환자에 있어서 환자 생명유지를 위해 순환보조장치를 효과적으로 사용할 수 있게 되었다^{1,2)}. 체외막산화기 (Extra-Corporeal Membrane Oxygenation, ECMO)의 사용은 심부전이 원인인 경우에는 심장 수술 후 심폐기로부터 이탈이 되지 않는 경우가 가장 흔하고, 그 외에 심장 이식 후 거부 반응이 있는 경우, 비보상성 심근병증, 심근염, 급성 관상동맥 질환에 동반된 심부전 등이 있으며, 호흡

부전이 원인인 경우에는 급성호흡부전증후군 (Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS)이 가장 흔하며, 그 외에 폐렴, 외상, 폐이식 거부반응 등이 있다.

2003년도에 국내에 도입된 경피적 순환보조장치는 CAPiox emergent bypass system (EBS[®], Terumo Inc., Tokyo, Japan)으로 일반적인 체외순환장치와 비슷한 구조로 되어 있지만, 수술장 이외에서 발생하는 응급상황과 장기적인 사용에 적합하도록 고안되어 있다. 항응고제를 적게 사용하면서도 수명이 보통의 체외순환장치에 비해 향상되어 있고, 이동이 간편하여 중환자실이나 병실 등에서 쉽게 사용할 수 있다. 또한 자가충전이 가능하고, Seldinger 방법으로 삽입할 수 있어 응급상황에서 바로 사용이 가능하다³⁾. 제주대학교병원에서는 2009년도에 같은 기종을 도입하였으며, 심정지 혹은 호흡부전 등의 응급 상황에서 광범위하게 사용하며, 병원내 심폐소생률을 향상시키는 데 큰 역할을 하고 있다. 이미 타 병원에서는 국내와 해외학회에 ECMO의 임상

Corresponding author: Seogjae Lee,
Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Jeju National University Hospital, Jeju National University School of Medicine, Aran 13gil 15, Jeju-si, Jeju Special Self-Governing Province, Korea 690-767
E-mail: sj1106@jejunu.ac.kr

결과를 보고하였으며^{24,5)}, ECMO 운용에 대한 새로운 시도 등을 증례보고 하고 있어⁶⁾, 본원에서 지난 3년 간의 ECMO 적용에 대한 임상 결과를 정리하고 고찰하여, 향후 ECMO 적용에 대한 적응증을 이론적으로 확립하려고 한다.

대상 및 방법

2010년 2월부터 2012년 8월까지 총 22명의 환자에게 ECMO를 적용하였으며, 이 환자들의 임상양상 및 합병증, 시술결과, 추적관찰 등에 대한 결과를 환자의 의무기록을 토대로 후향적으로 조사하였다. 대상 환자는 크게 심인성 쇼크 환자와 호흡부전 환자로 나뉘며, 심인성 쇼크 환자인 경우는 대퇴정맥에서 정맥혈을 추출하고 산화시킨 후 대퇴동맥으로 주입하는 veno-arterial type의 ECMO를, 호흡부전 환자인 경우는 대퇴정맥에서 정맥혈을 추출하고 산화시킨 후 경정맥을 통해 우심방으로 주입하는 veno-venous type의 ECMO를 적용하였다. ECMO를 위한 회로는 Seldinger 방법을 사용하여 경피적 방법으로 거치하였으며, 정맥 캐놀라라는 환자의 체표면적에 비례하여 21Fr 에서부터 28Fr 크기의 경피정맥 캐놀라 (Medtronic Inc., Minnerapolis, MN, USA)를 사용하였고, 유입 혈류량이 부족한 경우는 캐놀라를 추가하여 Y-자 연결을 통해 혈류량을 확보하였다. 도관삽입을 시행하면서 동시에 자가충진 (priming)을 하여, ECMO의 준비시간을 최소한으로 하였다. 도관삽입 직전부터 헤파린 5,000 IU을 투여하고, 이후로 정주하면서 activated clotting time (ACT) 를 veno-arterial type 은 180초 이상, veno-venous type 은 140초 이상으로 조절하였다. 폐결핵으로 인한 폐파괴 (destroyed lung) 및 폐출혈로 호흡부전이 발생한 환자와, 다발성 외상으로 인한 폐출혈 환자, 그리고 외파린에 의한 미반성 폐포출혈 환자에서는 헤파린을 사용하지 않았다.

ECMO 순환 시작 후 혈류량은 환자의 심박출량 (cardiac output)에 맞추어 3.0~5.0 L/min/m²정도로 유지하였고, 혈류량은 환자의 활력징후 및 혈압상승제의 사용여부에 맞춰 가감하였다. ECMO 로부터의 이탈은 순차적으로 혈류량을 감소시켜도 최소한의 혈압상승제의 중량 없이 혈압이 유지되거나, 유입 산소량을 점차 줄여도 인공호흡기로 산소포화도가 유지되는 경우에 시도하였다. ECMO 이탈이 성공한 경우에는, 헤파린을 6시간 동안 이탈 이전에 중단하고, 정맥 캐놀라를 제거한 부위는 2-0 Nylon 으로 봉합 후 손으로 압박하여 지혈하였으며, 동맥 캐놀라를 피부절개 후 대퇴동맥을 직접 봉합하는 방법으로 지혈하였다.

ECMO 이탈에 성공하지 못한 환자를 대상으로 위험요소를 분석하였고, 가정할 위험요소로는 나이, ECMO 적용시간, 응급 여부, 심폐소생술 여부, ECMO의 type, 적응증으로서의 급성심근경색, ARDS, 폐혈증 쇼크 여부 등이 있었다. 각각의 위험 요소를 Fisher's exact test로 단변량분석을 하였으며, Logistic regression analysis를 이용해 다변량분석을 시행하였고, 통계프로그램으로 SPSS for windows Ver 14.0 (SPSS; Chicago, IL, USA)를 이용하였다.

결 과

환자의 나이는 평균 61.3 ± 15.1 (범위: 33 ~ 81)세 이었으며, 남자가 17명, 여자가 5명 이었다. Table 1에 기술한 대로 다양한 기저질환이 있었으며, 그 중에 관상동맥질환을 가장 흔하게 가지고 있었고, 암 환자도 5명이 있었으며, 그 중 두 명은 암 수술 후 항암치료 중인 환자였다.

Table 1. Patient Characteristics

Variables	Number
Age(years)	61.3±15.1(range: 33~81)
Male : Female	17 : 5
Body surface area (m2)	1.70±0.16(range : 1.48~1.99)
Underlying disease	
Hypertension	6
Diabetes Mellitus	5
Coronary artery disease	9
Malignancy	5
Complete remission	3
Post-operative	2
Chronic obstructive pulmonary disease	3
End-stage renal failure	1
Neurologic deficit	4
Cerebrovascular accident	2
Quadriplegia due to cervical spinal fracture	1
Epilepsy	1
Peripheral vascular disease	3
Multiple trauma	1

ECMO 적용의 적응증은 크게 네 가지로 나뉘었다 (Table 2). 급성심근경색으로 인한 심정지 환자가 6명이 있었으며, 심부전 환자는 4명이 있었다. 심부전을 일으킨 원인으로 관상동맥질환으로 인한 허혈성 심부전이 2명, 급성 심근염이 1명, 만성폐쇄성폐질환에 의한 cor pulmonale 발생으로 인한 우측 심부전 (right heart failure) 환자가 1명 있었으며, 이 환자에서는 veno-venous type의 ECMO를 시행하였다. 쇼크로 인해 ECMO를 시행받은 환자는 모두 6명으로, 폐혈성쇼크 환자가 4명, 간질발작 후 욕소에서 구조되었으나 저산소증으로 인해 다발성 장기손상이 발생한 환자와, 관상동맥조영술 후 출혈로 인해 저혈량성 쇼크 환자가 각각 1명씩 포함되었다. 호흡부전으로 인해 ECMO를 시행받은 환자는 모두 6명으로, 4명은 폐렴과 동반된 ARDS 환자였으며, 두 명은 폐출혈로 인한 호흡부전 환자였다. 이들 6명은 모두 veno-venous type 의 ECMO를 시행받았다. 따라서, veno-arterial type 의 ECMO는 15명, veno-venous type 의 ECMO는 7명에게 시행되었다 (Table 3).

Table 2. Indications for ECMO

Diagnosis	Number
Cardiac arrest due to	
Acute myocardial infarction	6
Heart failure	4
Ischemic heart disease	2
Acute myocarditis (Idiopathic)	1
Cor pulmonale	1
Shock	6
Septic shock	4
Hypoxic multi-organ failure	1
Hypovolemic shock	1
Respiratory failure	6
Pneumonia with	
Acute respiratory distress syndrome	4
Pulmonary hemorrhage	2

Table 3. Conduction of the extra-corporeal membrane oxygenation

Variables	Number
Types	
Veno-arterial : Veno-venous	15 : 7
ECMO* duration (hours)	95.1 ± 65.0 (range: 4~264)
Emergency	12
During CPR †	6
After CPR †	4
During PCI ‡	7
Shock state	2
Combined therapy	
CRRT §	10
IABP ¶	1
BAE ¶¶	1
ECMO-related complications	5
(Heparin-induced bleeding)	
GI** bleeding	2
Hemothorax	1
Colon cancer bleeding	1
Cerebral hemorrhage	1

*ECMO: extra-corporeal membrane oxygenation, †CPR: cardiopulmonary resuscitation, ‡PCI: percutaneous coronary intervention, § CRRT: continuous renal replacement therapy, ¶IABP: intra-aortic balloon pump, ¶¶ BAE: bronchial artery embolization, **GI: gastro-intestinal

12명의 환자 (54.5 %)에서는 응급으로 ECMO를 시행하였으며, 특히 6명의 환자에서는 심폐소생술 도중에 시행하였다. 급성 심근경색으로 관상동맥조영술 및 중재술 도중에 ECMO를 시행 받은 환자가 7명이 있었고, 저혈량성 쇼크 환자와 패혈성 쇼크

환자에서 응급으로 시행하였다. ECMO 운영과 동시에 필요한 치료로 혈액투석이 가장 많이 시행되었으며 (10명, 45.5%), 기관지 동맥 색전술과 대동맥내 풍선펌프를 삽입한 경우가 각각 1례씩 있었다 (Table 3). ECMO와 연관된 합병증은 5례로 모두 항응고제 (heparin)의 투약과 연관된 출혈로 나타났다. 식도와 위장관 출혈을 동반한 두 명의 환자는 각각 이탈에 성공하여 항응고제를 중단할 수 있었으나, 뇌출혈을 일으킨 한 명의 환자는 소생 가능성이 없어 ECMO를 중단하였다. 대장암 병소에서의 출혈이 발생한 경우와, 심폐소생술 후 혈흉이 진행한 경우에서도 ECMO를 중단하였다.

ECMO 적용은 평균 95.1 ± 65.0 시간 (범위: 4 ~ 264 시간)이 소요되었고, 22명의 환자 중 ECMO로부터 이탈이 가능했던 환자는 13명 (59%) 이었으며, 6명 (27.3 %)이 생존하여 퇴원하였다. Veno-arterial type 의 ECMO를 적용한 15명에서 8명의 환자가 이탈이 가능하였고, 그 중 4명이 생존하였으며, veno-venous type의 ECMO를 적용한 7명의 환자에서는 5명이 이탈 후, 2명이 생존하였다 (Fig 1). ECMO 로부터 이탈하지 못한 9명의 환자에 대해 통계학적 위험 요소를 분석하였으며, 65세 이상의 고령, 72시간 이상의 ECMO 운영, 응급 여부, ECMO 이전에 심폐소생술을 시행한 경우, ECMO 의 type, ECMO 적용중으로서의 급성심근경색, 급성호흡부전증후군, 혹은 패혈증성 쇼크 등을 위험 요소로 가정하였다. 통계적으로 유의한 위험 요소는 발견되지 않았다 (Table 4).

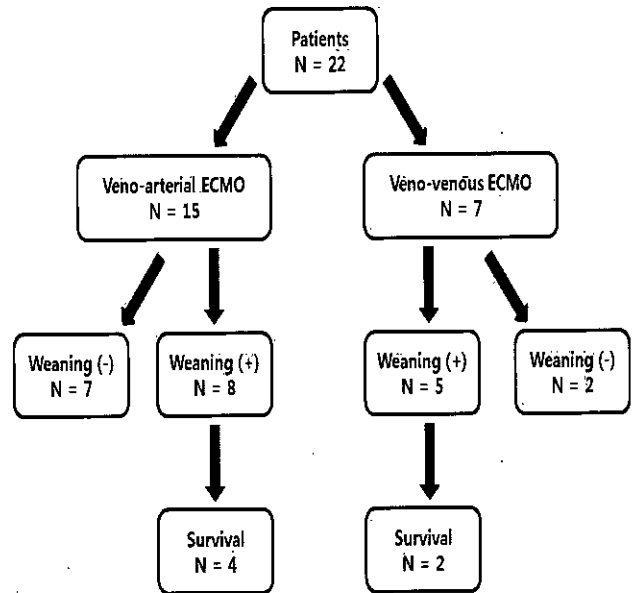


Figure 1. Clinical results of the extracorporeal membrane oxygenation

Table 4. Statistical analysis of the risk factors resulting in weaning failure

Variables	Statistical analysis of the risk factors	
	Univariate	Multivariate
Age > 65 years old	0.665	0.523
ECMO* duration > 72 hours	0.806	0.716
Emergency	0.415	0.546
Cardiopulmonary resuscitation	0.665	0.342
ECMO* type		
Veno-venous	0.648	1.000
Acute myocardial infarction	0.779	0.999
Acute respiratory distress syndrome	0.683	0.999
Septic shock	0.125	0.999

*ECMO: extra-corporeal membrane oxygenation

고 찰

ECMO는 보통 veno-arterial ECMO 혹은, veno-venous ECMO로 나누게 된다. 대정맥으로부터 혈액을 추출 하여 산화시킨 후 동맥으로 보내느냐와 정맥으로 보내느냐에 따른 구분으로 간단한 개념이지만, 임상적으로는 확연히 다른 운영 방법이다. 진행된 호흡부전 환자에서 veno-venous ECMO는 폐 휴식을 통해 압력 상해, 폐산소중독, 용적 상해 등을 막고, 조직 관류와 산소화를 유지하여 생존률을 높이는데 목적을 두고 있으나, 반드시 환자의 심장 기능은 유지가 되어 있어야 한다. 산소화된 혈액을 우심방으로 주입하는 것이 veno-venous ECMO의 역할이고, 그 혈액이 환자의 폐를 거쳐 심장을 통해 전신으로 공급되는 과정은 환자의 심장 기능에 달려 있다. 이와는 다르게, veno-arterial ECMO는 ECMO의 유속 자체가 환자의 심박출량과 동일하다. 환자의 폐와 심장의 기능을 모두 veno-arterial ECMO가 대신해 줄 수 있으며, 판상동맥으로의 관류를 증가시켜 심근경색 환자에서 심근의 회복을 도울 수 있다^{4,7,8}. 하지만, 대퇴동맥으로 동맥 캐놀라가 삽입되어 있어, 환자의 대동맥 혈류와 반대 방향으로 ECMO 혈류가 주입되므로, 환자의 심장 기능이 어느 정도 회복 후에는 후부하가 상승하게 된다. 또한, 동맥 캐놀라가 삽입되어있는 하지는 혈액 공급이 되지 않아, 하지에 허혈성 변화를 일으키기도 한다. Veno-arterial ECMO에서 항응고 요법은 veno-venous ECMO에 비해 더욱 철저하게 이루어져야 한다. ECMO의 도관과 산화기 등을 거치면서 용혈과 응고가 반복되는데, 이로 인해 혈전이 형성되면서 색전증을 유발할 수 있기 때문이다⁹. ECMO로 인한 색전증은 대량의 혈전이 광범위하게 발생할 수 있어, 뇌경색, 심근경색뿐만 아니라 간이나 콩팥과 같은 중요 기관에 허혈성 손상을 유발할 수 있다. 이러한 이유로, 환자에게 ECMO를 적용할 때는 veno-arterial type 혹은 veno-venous type 중에서 신중한 결정이 필요하며, 시술 전에 심장 초음파로 심장 기능을 평가하는 것이 추천된다.

상기한 대로, ECMO를 적용중인 환자에서 항응고 요법은 매우 중요하며, 주로 헤파린을 정주하여 적당한 용량을 조절하는데, veno-arterial type에서는 activated clotting time (ACT)이 180초에서 200초 사이, 혹은 aPTT가 80초에서 100초 사이를 유지하고, veno-venous type에서는 ACT가 160초에서 180초 사이, 혹은 aPTT가 60초에서 80초 사이를 유지하도록 한다. 문제는 헤파린 사용에 의한 합병증, 즉 출혈이 빈번하게 발생할 수 있다는 것이다¹⁰. 본 연구에서도 5명 (22.7%)의 환자에서 출혈이 발생하였으며, 식도나 위에서의 출혈과 혈흉은 처치가 가능하나, 대장암에서의 출혈은 환자의 활력징후를 불안정하게 만들 수 있다. 특히, 뇌출혈과 같은 경우는 그 자체가 환자를 사망에 이르게 할 뿐만 아니라, ECMO 적용이 무의미해 지므로, ECMO를 제거하는 경우도 있다¹¹. 또한, 외상에 의한 폐손상이나, 폐결핵 합병증으로 인한 대량 폐출혈 환자, 패혈성 쇼크로 인해 파종성혈관내 응고 (disseminated intravascular coagulation, DIC) 등이 발생한 경우는 헤파린을 사용할 수 없어, 산화기를 자주 교체해야 하는 경우도 발생하게 된다^{6,12}. 따라서, ECMO 환자에서 항응고 요법을 시행할 때에는 혈액 응고 검사를 주기적으로 시행하고, 필요 시 수혈을 통해 혈액 응고 이상을 교정해 주어야 하며, protease inhibitor 인 nafamostat mesilate의 사용을 고려해 볼 수 있다. 이는 반감기가 7분 정도로 짧아 ECMO 도관 안에서 주로 작용하여 환자의 출혈 위험도를 낮출 수 있다^{13,14}.

Extracorporeal Life Support Organization registry의 자료를 보면, 2011년 6월까지 4396명의 성인 환자 중 57%에서 ECMO의 이탈이 가능하였고, 생존하여 퇴원한 경우는 46%에 달하였다¹⁵. 본 연구에서 ECMO의 이탈률은 59%와 생존률이 27.3%로 나타나, 이탈률은 비교적 높은 반면, 생존률이 다소 낮게 관찰되었다. 하지만, Extracorporeal Life Support Organization registry의 대상 환자에서 심폐소생술 이후 ECMO를 적용한 경우는 11.7%에만 해당되었으며, 53.2%의 환자는 비교적 생존률이 높고 합병증이 적다고 보고되는 veno-venous type의 ECMO를 시행하였으므로, 절대 수치로는 비교가 불가능하다. 그럼에도 불구하고, 생존률이 낮게 보이는 것은 ECMO 적용의 적응증을 선택하는데 있어서 제한적이지 못했기 때문으로 해석된다. ECMO 그 자체가 치료적 방법이라기보다는 환자의 회복을 기대하여 기다리는 보조적 수단이며, ECMO로 인한 중요 합병증들을 고려할 때, 현재 환자의 상태가 ECMO 시행으로 회복 가능한 상태인지 냉철한 판단이 필요하다. 즉, 이탈률이 높으나 생존률이 낮은 것은, 일시적으로 심장과 폐의 기능을 호전시킬 수는 있으나, 환자의 기저질환이 해결할 수 없는 경우에도 ECMO를 시행했다는 것을 말한다. 예를 들면, 기대 여명이 3개월 미만인 말기 폐암 환자가 입원하여 항암치료 중에 폐렴이 발생하였고, 호흡부전으로 진행한 경우에 ECMO를 시행하는 것은 논란의 여지가 있으며, 좀 더 상의가 필요할 것이다.

건강보험공단의 자료에 따르면, 국내 ECMO 시행 건수는 2006년도에 283건에서 2010년도에는 954건으로 급격하게 증가하고 있다⁵. 본원에서도 2010년도부터 ECMO를 시행하여 꾸준히 환자수가 증가하고 있으며, 신형의 ECMO 장비를 구비하여

동시에 두 명의 환자에게 적용하는 경우도 생기고 있다. ECMO에 대한 전문지식과 최신지견을 습득하면서, 타과 의료진과 더욱 연계를 강화하여, 환자의 생존률 상승에 기여해야 할 것이다.

감 사

이 연구는 제주대학교병원 연구비로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Schwarz B, Mair P, Margreiter J, Pomaroli A, Hoermann C, Bonatti J, et al. Experience with percutaneous venoarterial cardiopulmonary bypass for emergency circulatory support. *Crit Care Med* 2003;31(3):758-64.1)
2. Sung K, Lee YT, Park PW, Park KH, Jun TG, Yang JH, et al. Improved survival after cardiac arrest using emergent autoprimering percutaneous cardiopulmonary support. *Ann Thorac Surg* 2006;82(2):651-6.2)
3. Ryu KM, Kim SH, Seo PW, Ryu JW, Kim SK, Kim YH, et al. Initial experience of the emergency bypass system (EBS[®]) for the patients with cardiogenic shock due to an acute myocardial infarction. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;41:6.3)
4. Chung ES, Lim C, Lee HY, Choi JH, Lee JS, Park KH. Results of Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Support before Coronary Reperfusion in Cardiogenic Shock with Acute Myocardial Infarction. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;44(4):273-8.4)
5. Kim TH, Lim C, Park I, Kim DJ, Jung Y, Park KH. Prognosis in the patients with prolonged extracorporeal membrane oxygenation. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;45(4):236-41.5)
6. Lee SJ, Chee HK, Hwang JJ, Kim JS, Lee SA, Kim JS. Application of veno-venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in multitrauma patient with ARDS. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;43:4.6)
7. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: A comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2011;39(1):1-7.7)
8. Ma DS, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, Chung CH, Lee JW. Outcomes of venovenous extracorporeal membrane oxygenation support for acute respiratory distress syndrome in adults. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;45(2):91-4.8)
9. Hoffman M. A cell-based model of coagulation and the role of factor VIIa. *Blood Rev* 2003;17 Suppl 1:S1-5.9)
10. Paden ML, Conrad SA, Rycus PT, Thiagarajan RR. Extracorporeal life support organization registry report 2012. *ASAIO J* 2013;59(3):202-10.10)
11. Bulas D, Glass P. Neonatal ECMO: neuroimaging and neurodevelopmental outcome. *Semin Perinatol* 2005;29(1):58-65.11)
12. Lee JH, Kim SW. Successful management of warfarin-exacerbated diffuse alveolar hemorrhage using an extracorporeal membrane oxygenation. *Multidiscip Respir Med* 2013;8(1):16.12)
13. Kotani K, Ichiba S, Andou M, Sano Y, Date H, Tedoriya T, et al. Extracorporeal membrane oxygenation with nafamostat mesilate as an anticoagulant for massive pulmonary hemorrhage after living-donor lobar lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002;124(3):626-7.13)
14. Han SJ, Kim HS, Kim KI, Whang SM, Hong KS, Lee WK, et al. Use of nafamostat mesilate as an anticoagulant during extracorporeal membrane oxygenation. *J Korean Med Sci* 2011;26(7):945-50.14)
15. Dalton HJ. Extracorporeal life support: moving at the speed of light. *Respir Care* 2011;56(9):1445-53:discussion 1453-6.