

## 심부전 환자에서 기계적 순환 보조 장치의 임상적인 역할

<sup>1</sup>분당서울대학교병원 순환기내과, <sup>2</sup>서울대학교병원 순환기내과

박진주<sup>1</sup> · 조현재<sup>2</sup>

### Mechanical Circulatory Support for Advanced Heart Failure

Jin Joo Park<sup>1</sup> and Hyun-Jai Cho<sup>2</sup>

*Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, <sup>1</sup>Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam;*

*<sup>2</sup>Seoul National University Hospital, Seoul, Korea*

Patients with end-stage heart failure or cardiogenic shock experience unacceptably high mortality despite advances in treatment made over the past 50 years. The effects of vasoactive drugs used to manage cardiogenic shock may be limited, being highly dependent on “remaining” heart function. Mechanical circulatory support improves cardiac output independent of heart function. Intra-aortic balloon pumps (IABPs) and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) are the devices most commonly used in Korea. Despite frequent use, the utility of IABPs in acute myocardial patients remains controversial, whereas ECMO affords sufficient systemic perfusion pressure to reverse end-organ dysfunction. Both can only be used as acute treatments, thus as a bridge-to-recovery or a bridge-to-transplantation. Percutaneous left ventricular assist devices (LVADs) such as TandemHeart® and Impella are not in use in Korea. Implanted LVADs improve long-term outcomes and may also serve as destination therapies. In the present manuscript, we briefly review percutaneous and implantable devices currently used in Korea for the management of advanced heart failure. (Korean J Med 2015;88:142-149)

**Keywords:** Heart failure; Intra-aortic balloon pumping (IABP); Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO); Ventricular assist device (VAD)

### 서 론

말기 심부전 환자 또는 심인성 쇼크 상태의 환자는 적절한 체액량을 조절하더라도 심장의 기능 저하로 말초 장기와 조직의 관류가 충분하지 않아 장기의 기능 이상을 초래하는 상태를 말한다[1]. 심인성 쇼크는 혈류역학적으로는 지속적

인 저혈압(수축기 혈압 < 90 mmHg), 낮은 심박출계수(< 2.2 L/min/m<sup>2</sup>), 심실 충만압의 상승(좌심실 충만압 > 18 mmHg, 우심실 충만압 > 10-15 mmHg) 등으로 정의하고 있다. 임상적으로 펌프 및 신부전, 간부전, 염기성 대사 및 유산혈증 등이 관찰될 수 있다. 심인성 쇼크의 가장 흔한 원인은 급성 심근 경색에 의한 심기능 감소이며 그 외 판막 질환, 말기 심부전,

Correspondence to Hyun-Jai Cho, M.D., Ph.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Seoul National University Hospital, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea

Tel: +82-2-2072-3931, Fax: +82-2-3675-0805, E-mail: hyunjaicho@snu.ac.kr

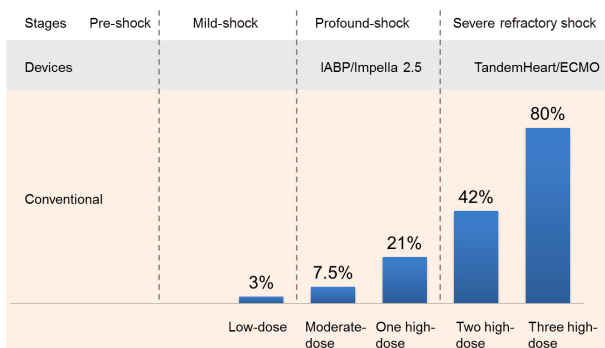
Copyright © 2015 The Korean Association of Internal Medicine

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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

급성 심근염, 스트레스 유발성 심근증 등이 있다.

심인성 쇼크는 쇼크 전 단계(pre-shock), 경증 쇼크(mild shock), 중등의 진행형 쇼크(profound shock) 그리고 중증의 불응성 쇼크(severe refractory cardiogenic shock)의 4단계로 구분되며 각 단계를 고려하여 치료 방향을 결정하는 것이 도움이 된다(Fig. 1). 심인성 쇼크 환자의 병원 내 사망률은 80%까지 보고된다. 특히 쇼크 초기 단계는 가역적이지만 시간이 지날수록 비가역적인 단계로 도입하므로 초기 대응이 중요하다. 심인성 쇼크 환자에서 약물적 치료의 효과 여부는 잔여 심장 기능으로 결정되는 경우가 많다. 이에 약물적 치료만으로 심박출계수를 충분히 높게 유지하지 못하여 다발성 장기부전 및 환자의 사망으로 이어지는 경우가 많다. 약물적 치료의 한계를 극복하기 위해 최근 개발되고 있는 기계적 순환 보조 장치(mechanical circulatory support, MCS)는 잔여 심장 기능과 무관하게 심박출계수를 증가시키기에 중증의 심인성 쇼크 환자에서 예후를 개선할 수 있는 가능성을 열어 주었다. 특히 MCS는 심근허혈을 유발하지 않고 심근의 산소 요구량을 감소시키면서 혈류를 유지 또는 증가할 수 있는 장점을 가지고 있다.

심인성 쇼크의 발생 기전 및 속도에 따라 MCS의 선택 및 치료 목적이 달라지기에 심인성 쇼크의 원인 및 단계를 정확하게 규명해야 한다. 급성 심근경색 또는 전격성 심근염 같은 가역적인 원인이 있는 경우 MCS를 심기능이 회복되는 동안(bridge to recovery) 일시적으로 사용할 수 있다. 심장이식을 대기 중인 만성 말기 심부전 환자에서는 심장이식술까지 환자를 지지해주거나(bridge to transplantation) 평생 심실 보조 장치(destination therapy)로 사용될 수도 있다.



**Figure 1.** Mortality and treatment strategy according to the stage of shock. IABP, Intra-aortic balloon pumping; ECMO, extracorporeal membrane oxygenation.

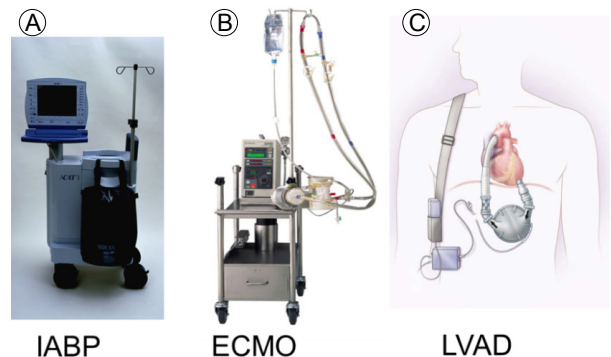
기계적 심장 보조(대부분 심실 보조)는 기능상으로 대동맥 내 풍선 펌프(intra-aortic balloon pumping, IABP), extracorporeal membrane oxygenator (ECMO), percutaneous cardiopulmonary support (PCPS), 좌심실 및 우심실 보조 장치(left ventricular assist device [LVAD], right ventricular assist device [RVAD]) 및 완전 인공심장(total artificial heart)으로 분류한다(Fig. 2). 본고에서는 심인성 쇼크 환자에서 기계적 순환 보조 치료술의 역할에 대해 기술하고자 한다.

## 본 론

### Intra-aortic balloon pumping (IABP)

IABP는 이완기에 하행 대동맥 내에 위치한 풍선을 확장시켜 관상동맥 혈류를 증가시키고 수축기에 풍선을 감압시켜 후부하를 감소시키는 기전으로 좌심실을 보조한다. 또한 좌심실 충만압을 감소시켜 심근의 산소 소모량을 감소하게 된다. 혈류역학적으로 IABP는 심박출량(cardiac output)을 약 0.5-1 L/min, 심구출량(stroke volume)을 약 20-30%가량 증가시킬 수 있다[2].

IABP는 급성 심근경색 환자에서 심근 손실, 급성 승모판 역류증 또는 심실중격 결손 등으로 인해 심부전이 발생할 경우에 삽입을 고려한다(Table 1). 대부분 대퇴동맥을 천자해서 풍선을 삽입하는데 풍선의 끝(balloon tip)은 왼쪽 쇄골 하동맥(left subclavian artery) 직하부에 위치시키며 흉부 단순촬영에서 2-3번째 늑간(intercostal space)에 풍선 마커(balloon marker)가 보이게 된다. 풍선의 크기는 환자의 키에 따라 선



**Figure 2.** Mechanical circulatory support devices. (A) IABP. (B) ECMO. (C) LVAD. IABP, intra-aortic balloon pumping; ECMO, extracorporeal membrane oxygenator; LVAD, left ventricular assist device.

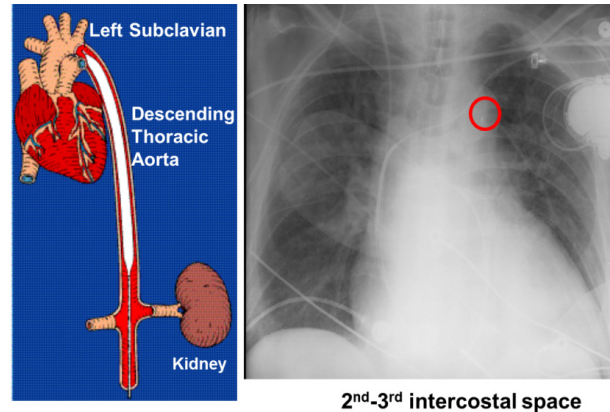
**Table 1. Indications for IABP**

|  |
|--|
| Cardiogenic shock associated with AMI.<br>To stabilize high-risk patients either before or after revascularization.<br>LV dysfunction (EF < 40%); the culprit vessel supplies > 40% of the myocardial territory. |
| Mechanical complications of MI<br>Mitral regurgitation.<br>Ventricular septal defect.  |
| IABP, intra-aortic balloon pumping; AMI, acute myocardial infarction; LV, left ventricle; EF, ejection fraction; MI, myocardial infarction.  |

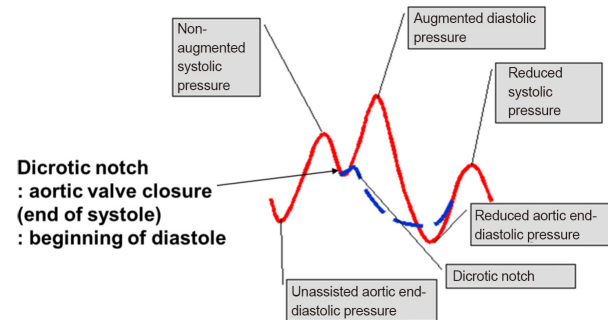
택하게 되는데 적절한 크기는 신동맥(renal artery)의 직상부가 풍선의 끝에 위치하는 경우이다(Fig. 3). IABP를 삽입 후 대부분 항응고 요법을 시작하지만 환자에서 출혈이 있거나 출혈 위험이 높은 경우 상황에 따라 항응고 요법을 시행하지 않을 수도 있다[3].

풍선의 팽창은 이완기의 시작 시점에 시작하여 감압은 수축기 직전 시행되도록 해야 한다. 작동(triggering) 방법으로는 심전도에서 R-wave를 기준으로 하는 방법이 가장 널리 쓰인다. 그 외 동맥압 커브(arterial pressure curve)에 따라 하는 방법과 심장박동기를 가지고 있는 환자의 경우에는 pacing spike를 인식하는 방법 등이 있다. 이상적인 counter-pulsation에 의한 대동맥압 커브(aorta pressure curve)는 그림과 같다(Fig. 4). 최근의 기계들은 자동적으로 최적의 팽창 및 감압 시기(optimal inflation/deflation timing)를 선택하고 있으나 IABP 삽입 후에는 우선 1:2 counterpulsation을 실시하여 팽창 및 감압 시기(inflation-deflation timing)가 적절하게 설정되었는지 확인이 필요하다. 이후 필요에 따라 counter-pulsation setting을 1:1-1:4까지 적용한다.

적절히 counter-pulsation이 되고 있는지를 다음의 순서로 확인한다. 첫째로 IABP augmentation에 의한 peak diastolic pressure (PDP)는 peak systolic pressure (PSP)보다 높게 유지되는지 확인이 필요하다. PDP가 PSP보다 낮다면 (i) 환자의 크기에 비해 풍선 크기가 상대적으로 작은지, (ii) 풍선의 팽창 장애가 있는지, (iii) 풍선의 위치가 너무 밑으로 내려오지는 않았는지(단순 흉부 방사선 촬영), (iv) 혈관 내 용적이 부족한지 등을 확인하고 필요시 교정해야 한다. 둘째로 1:2 setting에서 non-augmentation 시 보이는 dicotic notch가 IABP augmentation 시 보일 듯 말 듯한지를 확인한다. Dicotic notch가 확실히 보이면 late inflation이므로 inflation timing을 앞쪽으



**Figure 3.** Location of the IABP balloon. The distal marker of the balloon should be positioned between the second and third intercostal spaces (circle). IABP, intra-aortic balloon pumping.



**Figure 4.** Ideal aorta pressure curve featuring counter-pulsation by IABP. IABP, intra-aortic balloon pumping.

로 조정해야 한다. 셋째로 augmentation 시 balloon aortic end diastolic pressure는 non-augmentation 시 patient aortic end diastolic pressure보다 낮아야 한다. 넷째로 augmentation 직후의 assisted peak systolic pressure (APSP)는 non-augmentation 시의 patient PSP보다 낮아야 augmentation이 효과적이라고 할 수 있다. APSP와 patient PSP가 비슷하다면 augmentation의 기간이 짧을 것을 뜻하므로 deflation timing을 뒤로 조정한다.

IABP의 임상적 적응증은 현재 변하고 있다. IABP는 1968년 Adrian Kantrowitz 박사가 심인성 쇼크를 앓고 있는 45세 여자 환자에서 7시간 동안 처음으로 사용했으며[4] 이후 약 3백만 이상의 환자가 IABP로 치료를 받았다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 IABP의 적응증은 심인성 쇼크를 동반한 급성 심근경색 환자이다. 심근경색증 환자에서 IABP의 효과는 (i) 재관류 요법이 불가능했던 시기, (ii) 혈전용해제를 사용했던 시기, (iii) 그리고 일차적 관동맥 성형술이 가능해

진 시기 등 3개의 시기로 나누어서 평가해야 한다.

재관류가 가능하지 않은 시점에 IABP 사용은 심근경색 환자에서 심근경색의 크기를 줄이지 못하고 환자의 예후 또한 개선하지 못했다[5,6]. 관상동맥이 막혀 있는 상태에서 IABP를 사용해도 관상동맥의 혈류를 증가시킬 수 없기 때문에 예후를 개선하지 못하는 것으로 추정하고 있다.

혈전용해제를 사용하는 시기에서 IABP는 심근경색 환자의 예후를 개선시켰다[7]. GUSTO 연구에서는 IABP와 혈전용해제를 같이 사용하는 환자가 혈전용해제를 단독 사용하는 군보다 30일 및 1년째 사망률이 낮음을 보고하였다[8]. 다른 후향적 연구에서는 혈전용해제와 IABP를 같이 사용하는 군에서 1년 사망률(67% vs. 32%,  $p = 0.019$ )이 더 낮다고 보고하였다[9]. 여러 후향적 연구에서도 또한 항응고제(heparin, futhan 등)를 사용하는 급성 심근경색 환자에서 IABP 사용은 환자의 예후를 개선시킴을 보고하였다[7]. ST분절 상승 급성 심근경색 환자에서 혈전용해제 사용 시 재관류로 인해 관상동맥의 혈류는 개선되지만 대부분 culprit lesion에 유의한 협착이 남아 있다. IABP는 이완기 시 관상동맥의 혈류 및 혈압을 증가시키기에 culprit에 협착이 남아 있어도 협착 원위부 심근으로 더 많은 산소가 전달될 것으로 기대되며 이것이 예후를 개선시키는 기전으로 추정되고 있다.

급성 심근경색 환자에서 일차적 관상동맥 중재시술(primary percutaneous coronary intervention, primary PCI)이 표준 치료가 된 이후 IABP의 임상적 역할을 조사한 연구들이 있다. 미국 급성 심근경색 레지스트리(National Registry of Myocardial Infarction-2)에 따르면 일차적 관상동맥 중재시술을 받은 환자에서 IABP는 사망률을 감소시키지 못했다(45% vs. 47%) [7]. 심근경색 환자들을 대상으로 한 체계적 문헌조사에서도 IABP는 30일째 사망률을 혈전용해제를 사용한 환자에서 18% 감소시켰지만 일차적 관상동맥 중재시술을 받은 환자에서는 약 6%만 감소시켜 IABP의 효과가 일차적 관상동맥 중재시술을 받은 환자에서 제한적인 것을 시사하였다[10]. 600명의 심인성 쇼크를 동반한 급성 심근경색 환자를 대상으로 한 IABP SHOCK II 다기간 무작위 배정 연구에서 IABP 사용군과 비사용군 사이 일차 연구 종말점은 유의한 차이가 없었다(30일째 사망, 39.7% vs. 41.3%;  $p = 0.69$ ) [11]. 이 환자들을 12개월 동안 장기간 추적 관찰한 후속 연구에서도 IABP는 사망률을 감소시키지 못했다[12]. 하지만 IABP-SHOCK 연구에서 10%의 환자는 Placebo군에서 IABP군으로 cross-over

했으며 IABP군에서 혈액학적으로 안정적인 환자 또한 IABP를 삽입 받았을 것 등을 고려하면서 결과를 해석해야 한다.

일차적 관상동맥 중재시술은 금속 스텐트를 사용하여 성형술을 시행한 병변에서 recoil이 발생하지 않아 혈액학적으로 유의한 협착을 남기지 않는다. 그러므로 관상동맥 성형술을 받은 환자에서 IABP가 관상동맥의 혈류 및 혈압을 추가적으로 증가시킬 수 있는지 확실하지 않다. 하지만 IABP는 후부하를 감소시키고 심벽의 장력 및 산소 요구량을 감소시킨다. 또한 심실 감압 효과가 있기에 환자를 잘 선별해서 사용하면 환자의 예후를 개선시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다. 최근 미국심장학회에는 IABP 사용을 IIa, 유럽심부전학회에서는 class IIb로 평가하고 있다(Table 2).

#### Extracorporeal membrane oxygenator (ECMO), percutaneous cardiopulmonary support (PCPS)

심실 보조 장치는 심실 수축이 없어도 전신 혈액 순환에 필요한 심박출량을 제공할 수 있다. 체외순환기(ECMO)란 심폐 기능을 보조할 목적으로 수술장 밖에서 체외 순환(cardiopulmonary bypass) 기법을 사용하는 것을 말한다. ECMO는 1960년대 개발되어 호흡부전의 치료에 사용되었으나 최근 ECMO 관련 기술이 발전되어 급성 심부전 및 심인성 쇼크 환자에서 사용되고 있다(Table 3). 현재 임상에서 사용되는 ECMO는 장비의 소형화로 이동이 편하고 삽입까지 준비시간이 단축되어 응급 상황에서도 사용할 수 있게 되었다.

환자의 상태에 따라 ECMO의 종류를 선택한다. 좌심실 기능 부전에 의한 쇼크가 주된 원인인 경우 정맥-동맥 간 체외 순환(veno-arterial ECMO, VA-ECMO)을, 폐기능 저하에 의한 급성 호흡부전 환자의 경우 정맥-정맥 간 체외 순환(veno-veno ECMO)을 사용한다. 정맥-동맥 간 체외 순환의 경우 심장 수술 후에 발생한 심인성 쇼크나 급성 전격성 심근염과 같은 가역적 심부전 환자에게 심실 기능이 회복될 때까지 가교 치료(bridge to recovery)로 사용할 수 있고 급성 심근경색에 동반된 심인성 쇼크에서 일차적 관상동맥 중재시술에 혈액역학적 보조 장치로 사용하여 생존율을 호전시켰다는 보고가 있다[13-15].

ECMO 기기는 (i) circuit, pump, (ii) oxygenator, (iii) arterial cannula, (iv) venous cannula로 구성된다. VA-ECMO의 경우 대퇴정맥을 통해 우심방에 거치한 정맥관으로부터 정맥 피를 뽑아 체외에서 oxygenation/ventilator를 시킨 후 대퇴동맥

**Table 2. Evidence-based recommendations for mechanical circulatory support**

|             | ACC/AHA/SCAI guidelines |  | ESC/EACTS guidelines |   |
|-------------|-------------------------|--|----------------------|---|
| IABP        | Class IIa               | A hemodynamic support device is recommended for patients with cardiogenic shock after STEMI who do not quickly stabilize upon pharmacological therapy. | Class IIb            | IABP insertion is recommended for patients with hemodynamic instabilities (particularly those in cardiogenic shock and with mechanical complications).                            |
| ECMO        | Not recommended         | No recommendation  | Not recommended      | ECMO implantation should be considered for the temporary support of patients with acute heart failure who may potentially experience functional recovery after revascularization. |
| Tandemheart | Class IIb               | Same as IABP   | Class IIb            | The routine use of percutaneous centrifugal pumps is not recommended.   |
| Impella     | Class IIb               | Same as IABP   | Not recommended      | No recommendation   |

ACC/AHA, American College of Cardiology/American Heart Association; SCAI, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; ESC, European Society of Cardiology; EACTS, European Association for Cardio-Thoracic Surgery; IABP, intra-aortic balloon pumping; STEMI, segment elevation myocardial infarction; ECMO, extracorporeal membrane oxygenation.

**Table 3. Indications for veno-arterial ECMO support**

Inadequate cardiopulmonary support even after IABP.

SBP < 80 mmHg even under full support with catecholamines.

Oliguria (< 1 mL/kg/h).

Low cardiac output (< 1.8 L/min/m<sup>2</sup>)

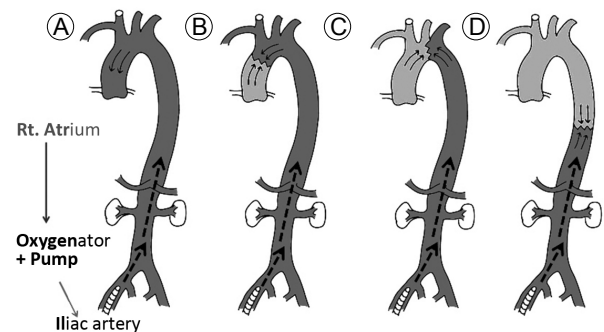
Low PaO<sub>2</sub> (< 60 mmHg)

Intractable but reversible cardiopulmonary arrest caused by either MI/failed angioplasty or a pulmonary embolus.

Uncontrollable VF/VT.

ECMO, extracorporeal membrane oxygenation; IABP, intra-aortic balloon pumping; SBP, systolic blood pressure; MI, myocardial infarction; VF, ventricular fibrillation; VT, ventricular tachycardia.

을 통해 장골동맥에 거치한 동맥관으로 역순환(retrograde circulation)을 시키게 된다. VA-ECMO 환자에서 혈액의 역순환 및 체외 순환에 따른 여러 가지 합병증이 발생할 가능성이 높아 면밀한 관찰이 필요하다. 특히 좌심실 기능 저하로 증가한 확장기말압(left ventricular end-diastolic pressure)을 효과적으로 낮출 수 없어 폐부종이 지속될 수 있다. 좌심실 감압(left ventricle decompression)을 위해 추가적인 심방중격 천자(atrial septostomy) 또는 IABP를 삽입하여 좌심실 확장기말압의 감소를 시도할 수 있다[16]. 또한 대퇴정맥 및 대퇴동맥을 통해 큰 도관이 이루어지므로 하지에 심각한 허혈을 초래할 수 있다. 따라서 ECMO를 사용한 경피적 심폐 보조 장



**Figure 5.** Collision between retrograde flow from ECMO (gray) and antegrade flow from patient's left ventricle (dark gray). Gradual recovery of patient's left ventricular systolic function. (A) Minimal LV function with cerebral blood supply via retrograde flow from ECMO. (B) Beginning recovery of LV systolic function. (C) Rt carotid artery receives blood via antegrade flow from LV and Lt carotid artery via retrograde flow from ECMO. (D) Both carotid arteries receive blood supply via antegrade flow from LV. ECMO, extracorporeal membrane oxygenator; Rt., right; LV, left ventricle.

치는 일시적인 심실 보조를 위해 응급 상황에서 심기능의 회복(bridge to recovery)이나 심장이식까지 가고 치료(bridge to transplantation)로 단기적으로 사용할 수는 있으나 장기간의 심실 보조를 위해서는 적합하지 않다.

VA-ECMO를 삽입한 환자에서 (i) 뇌에 산소가 적절하게 공급되는지, (ii) 혈압은 적절하게 유지되는지, (iii) 항응고 요법이 적절하게 유지되고 있는지에 대한 지속적인 평가가 필



요하다. VA-ECMO를 삽입한 환자에서는 좌심실에서 나오는 antegrade flow와 ECMO 동맥관에서 나오는 retrograde flow가 공존한다. Antegrade flow의 산소량은 좌심실 기능 및 폐기능으로 결정된다. 또한 antegrade flow와 retrograde flow가 만나는 지점은 환자의 좌심실 기능에 따라 결정된다(Fig. 5). 좌심실 기능이 매우 저하되어 있는 경우 retrograde flow에 의한 right cerebral perfusion이 가능하므로 인공호흡기는 폐 보호(lung protection)에 초점을 맞추어 흡입 산소 농도(fraction of inspired oxygen,  $FiO_2$ ), 일회 호흡량(low tidal volume), 호흡수(frequency)를 낮게 설정한다. 좌심실 기능이 회복되기 시작하면 환자 본인의 antegrade flow와 ECMO의 retrograde flow가 부딪히게 된다. 이러한 경우에는 인공호흡기 조절을 통해 폐를 통한 산소 공급(oxygenation)을 증가시켜 허혈성 뇌손상이 발생하는 것을 예방해야 한다.

VA-ECMO 삽입 환자에서 산소 공급이 적절하게 되는지 평가하기 위해서는 ECMO 삽입 초기에는 오른쪽 요골동맥(right radial artery), 중심 정맥관 및 ECMO 동맥관 세 군데에서 arterial blood gas analysis (ABGA) 검사를 시행해야 한다. 특히 오른쪽 요골동맥의 산소포화도는 우뇌의 관류(right cerebral perfusion)를 가장 근접하게 반영한다. 목표 산소포화도는 mixed venous saturation > 70%, ECMO arterial line  $PaO_2$  > 300 mmHg, patient right arterial saturation > 90%이다.

VA-ECMO는 심박박출 지수가 2.2 L/min/ $m^2$ 로 유지된다고 해도 조직의 관류를 유지하기 위해 평균 동맥 혈압(mean arterial pressure)을 65-75 mmHg로 유지되도록 강심제 및 승압제를 적절하게 사용해야 한다. 혈압이 너무 높을 경우 두개

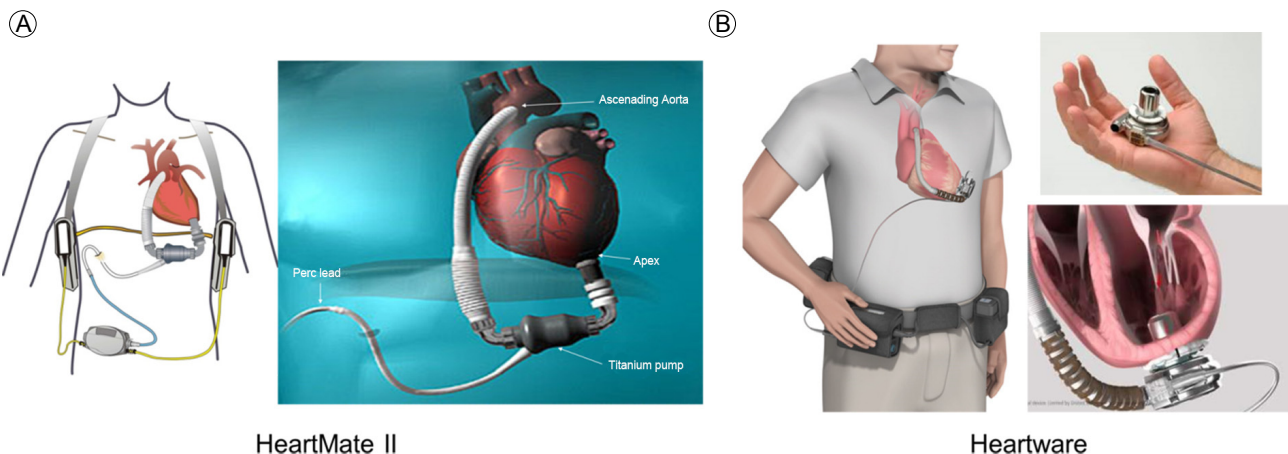
골 내 출혈의 위험성이 높아진다. Heparin 또는 futhan을 사용해서 activated partial thromboplastin time (aPTT) 60-80 s 또는 activated clotting times (ACT) 150-210 s를 목표로 항응고 요법을 시행해야 한다. 항응고 요법이 충분치 않을 경우 retrograde flow의 특성상 여러 장기에 색전경색증 발생 위험이 높아진다.

환자의 혈액학적 상태가 호전되어 ECMO를 제거해야 하는 시점이 되면 동맥관을 삽입한 부위에 수술적 봉합이 필요하며(manual compression 시 pseudo-aneurysm의 발생 위험성이 높다) 정맥관 삽입 부위는 manual compression과 단순 피부 봉합을 하게 된다.

### Ventricular assist device

약물 치료에 불응하는 심부전 환자에게 가장 근본적인 치료는 심장이식이다. 하지만 말기 심부전 환자의 증가와 함께 기증자 부족 현상이 발생하여 서구에서는 기계적 심실 보조 장치가 일찍부터 개발되었다. 심실 보조 장치는 크게 경피적과 삽입형 보조 장치로 구분된다. TandemHeart (Cardiac Assist, Inc., Pittsburgh, PA, USA)와 Impella Recover 2.5 (Abiomed, Inc., Danvers, MA, USA) 등이 경피적 좌심실 보조 장치들이며 현재 국내에서는 사용되지 않고 있다. 경피적 좌심실 보조 장치는 삽입 후 좌심실 충만압을 낮추고 심박출량을 정상화하는 등 혈액학적 개선이 뚜렷하지만[17] 환자의 예후를 개선시키는 효과는 입증되지 않았다[18-20].

삽입형 심실 보조 장치는 장기적인 심실 보조 역할을 위해 사용되고 있다. 1994년 HeartMate가 미국 FDA 승인을 받



**Figure 6.** HeartMate II and Heartware. (A) HeartMate II. (B) Heartware.

으면서 관련된 연구 및 임상경험이 비약적으로 증가했다. 이는 기본적으로 좌심실(또는 우심실)에서 혈액을 뽑아 대동맥(또는 폐동맥)으로 혈액을 보내 주어 심실의 부하를 줄임으로써 심박출량 증가 및 심실 재형성을 유도하는 기계적 장치이다. 심실 보조 장치는 혈류의 특성(pulsatile 또는 continuous), 펌프의 기능(axial 또는 centrifugal), 거치 위치(intra-corporeal 또는 extracorporeal), 접근법(percutaneous 또는 surgical), 지지심실(좌·우·양 심실) 등의 기준으로 분류할 수 있다.

Non-pulsatile continuous flow 형태로 2010년 말기 심부전(좌심실부전) 환자에 사용이 허가된 HeartMate II가 가장 많이 사용되고 있다. 현재 펌프의 크기를 줄여 pericardial space 안에 장착이 가능한 기종들에 대한 임상연구가 진행 중이다(Fig. 6). 또한 개흉술을 동반하는 외과적 수술 없이 경피적으로 장착이 가능한 기종들도 개발되고 있다.

삽입형 심실 보조 장치는 적응증으로는 내과적-외과적 치료에 반응하지 않은 말기 심부전 환자를 대상으로 하여 심장이식까지 가교(bridge to transplant) 목적으로 가장 많이 사용되어 왔다. 하지만 심장이식의 대상이 되지 않는 말기 심부전 환자들에게 박동형 펌프를 사용하는 HeartMate XVE가 약물 치료보다 생존율을 호전시킨다는 것이 확인되어 삽입형 심실 보조기는 궁극적인 치료(destination therapy)로 사용되기 시작하였다[21].

박동형 펌프는 내구성이 좋지 않아 2년 이내 기기 이상을 일으키고 있으며 이후 연속파형 펌프(continuous flow pump) 심실 보조 장치가 개발되었다. HeartMate II는 구조가 간단하고 내구성이 좋다. 연속파형 심실 보조 장치의 1년 및 2년 생존율이 각각 68%, 55%로 박동형 좌심실 보조 장치(1년 생존율 55%, 2년 생존율 24%)에 비해 월등한 성적을 보인다[22]. 이에 최근에는 여러 가지 이유로 심장이식이 불가능한 환자를 대상으로 하는 궁극적 치료(destination therapy)가 최근 증가하고 있다. 이에 더 나아가 많은 말기 심부전 환자에서 급격한 심부전 악화로 타 장기 손상이 발생하거나 생명이 위협 받는 상황에서 좌심실 보조 장치를 삽입하는 경우가 있다. 환자의 상황에 따라 추후 심장이식이 필요한 경우도 있고 또는 심실기능이 호전되어 기계 장치를 뗄 수 있는 경우도 있으나 당장 급한 상황에서 좌심실 보조 장치를 넣는 경우 bridge to recovery 또는 bridge to decision을 목적으로 한 치료라 할 수 있다. 보조 장치 삽입 후에는 항응고 요법(pro-

thrombin time-international normalized ratio [PT-INR] 2-3)을 시행해야 하며 이에 따른 출혈의 위험성, 감염, 신경학적 이상 및 혈전 생성 등의 기계 관련 합병증 유무를 잘 관찰해야 한다.

## 결 론

약물 치료에 불응하는 말기 또는 급성 심부전 환자에서 MCS는 환자의 예후를 개선시킬 수 있는 여지가 충분히 있다. 아직까지 국내에서는 대부분 경피적 순환 보조 장치인 IABP와 ECMO를 심인성 쇼크나 급성 심부전 환자가 회복할 때까지, 또는 말기 심부전 환자가 심장이식을 받을 때까지 가교 치료로 일시적으로 사용하고 있다. 국내에서 심장이식술이 활발하게 진행되면서 공여자 부족 현상이 발생하고 있다. 아직 국내에서 활성화되지 않았지만 장기적으로 사용할 수 있는 삽입형 심실 보조 장치를 사용하면 심장이식을 대기하는 말기 심부전 환자에서 효과적으로 사용할 수 있는 치료 수단이 될 것이다. 하지만 MCS는 많은 합병증을 일으킬 수 있어 삽입 시에는 특별한 관리와 면밀한 모니터링이 필요하다고 볼 수 있겠다.

**중심 단어:** 심부전; 대동맥 내 풍선 펌프; 기계적 순환 보조; 심실 보조 장치

## REFERENCES

- Hollenberg SM, Kavinsky CJ, Parrillo JE. Cardiogenic shock. Ann Intern Med 1999;131:47-59.
- Scheidt S, Wilner G, Mueller H, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in cardiogenic shock. Report of a co-operative clinical trial. N Engl J Med 1973;288:979-984.
- Pucher PH, Cummings IG, Shipolini AR, McCormack DJ. Is heparin needed for patients with an intra-aortic balloon pump? Interact Cardiovasc Thorac Surg 2012;15:136-139.
- Kantrowitz A, Tjonneland S, Freed PS, Phillips SJ, Butner AN, Sherman JL Jr. Initial clinical experience with intra-aortic balloon pumping in cardiogenic shock. JAMA 1968; 203:113-118.
- O'Rourke MF, Norris RM, Campbell TJ, Chang VP, Sammel NL. Randomized controlled trial of intraaortic balloon counterpulsation in early myocardial infarction with acute heart failure. Am J Cardiol 1981;47:815-820.
- Flaherty JT, Becker LC, Weiss JL, et al. Results of a randomized prospective trial of intraaortic balloon counter-

- pulsation and intravenous nitroglycerin in patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:434-446.
7. Barron HV, Every NR, Parsons LS, et al. The use of intra-aortic balloon counterpulsation in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: data from the National Registry of Myocardial Infarction 2. *Am Heart J* 2001;141:933-939.
8. Anderson RD, Ohman EM, Holmes DR Jr, et al. Use of intra-aortic balloon counterpulsation in patients presenting with cardiogenic shock: observations from the GUSTO-I Study. Global utilization of streptokinase and TPA for occluded coronary arteries. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:708-715.
9. Kovack PJ, Rasak MA, Bates ER, Ohman EM, Stomel RJ. Thrombolysis plus aortic counterpulsation: improved survival in patients who present to community hospitals with cardiogenic shock. *J Am Coll Cardiol* 1997;29:1454-1458.
10. Sjaauw KD, Engström AE, Vis MM, et al. A systematic review and meta-analysis of intra-aortic balloon pump therapy in ST-elevation myocardial infarction: should we change the guidelines? *Eur Heart J* 2009;30:459-468.
11. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med* 2012;367:1287-1296.
12. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock (IABP-SHOCK II): final 12 month results of a randomised, open-label trial. *Lancet* 2013;382:1638-1645.
13. Maejima Y, Yasu T, Kubo N, et al. Long-term prognosis of fulminant myocarditis rescued by percutaneous cardiopulmonary support device. *Circ J* 2004;68:829-833.
14. Gariboldi V, Grisoli D, Tarniz A, et al. Mobile extracorporeal membrane oxygenation unit expands cardiac assist surgical programs. *Ann Thorac Surg* 2010;90:1548-1552.
15. Arlt M, Philipp A, Voelkel S, et al. Hand-held minimised extracorporeal membrane oxygenation: a new bridge to recovery in patients with out-of-centre cardiogenic shock. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:689-694.
16. Elesber A, Lerman A, Bybee KA, et al. Myocardial perfusion in apical ballooning syndrome correlate of myocardial injury. *Am Heart J* 2006;152:469.e9-e13.
17. Meyns B, Dens J, Sergeant P, Herijgers P, Daenen W, Flameng W. Initial experiences with the Impella device in patients with cardiogenic shock-Impella support for cardiogenic shock. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003;51:312-317.
18. Engström AE, Cocchieri R, Driessen AH, et al. The Impella 2.5 and 5.0 devices for ST-elevation myocardial infarction patients presenting with severe and profound cardiogenic shock: the Academic Medical Center intensive care unit experience. *Crit Care Med* 2011;39:2072-2079.
19. Seyfarth M, Sibbing D, Bauer I, et al. A randomized clinical trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1584-1588.
20. Lauten A, Engström AE, Jung C, et al. Percutaneous left-ventricular support with the Impella-2.5-assist device in acute cardiogenic shock: results of the Impella-EURO-SHOCK-registry. *Circ Heart Fail* 2013;6:23-30.
21. Miller LW, Pagani FD, Russell SD, et al. Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *N Engl J Med* 2007;357:885-896.
22. Starling RC, Naka Y, Boyle AJ, et al. Results of the post-U.S. Food and Drug Administration-approval study with a continuous flow left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation: a prospective study using the INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support). *J Am Coll Cardiol* 2011;57:1890-1898.