

심장수술 중 발생한 심인성 속환자에서 경피적 심폐보조

— 증례보고 —

연세대학교 의과대학 ¹마취통증의학교실, ²마취통증의학연구소, ³심혈관연구소

김종찬¹ · 심재광^{1,2,3} · 안지원¹ · 이재우¹ · 김대희¹ · 박영란^{1,2,3}

Management of cardiogenic shock during cardiac surgery with long-term use of percutaneous cardiopulmonary support — A case report —

Jong Chan Kim, M.D.¹, Jae Kwang Shim, M.D.^{1,2,3}, Jiwon An, M.D.¹, Jae Woo Lee, M.D.¹, Dae Hee Kim, M.D.¹, and Young Lan Kwak, M.D.^{1,2,3}

¹Department of Anesthesiology and Pain Medicine, ²Anesthesia and Pain Research Institute, ³Yonsei Cardiovascular Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Percutaneous cardiopulmonary support (PCPS) provides hemodynamic and pulmonary support simultaneously and is increasingly used in medical practice. However, the presence of extracorporeal circulation and the use of heparin means it is not free of side effects, and use of PCPS for longer than 96 h is associated with poor prognosis. Therefore, along with the decision of when to apply or discontinue PCPS, an integrated team approach between the surgeon and the anesthesiologist to prevent and/or manage PCPS-related complications is of paramount importance when the patient's physical status mandates prolonged use of PCPS. We hereby report 2 cases addressing successful management of postoperative cardiogenic shock, refractory to pharmacologic support, with early and prolonged application of PCPS in patients who underwent surgical anterior ventricular endocardial restoration and coronary artery bypass surgery. (*Korean J Anesthesiol* 2008; 55: 625~8)

Key Words: cardiogenic shock, percutaneous cardiopulmonary support (PCPS), surgical anterior ventricular endocardial restoration (SAVER).

심혈관계 수술에 있어서 심부전은 수술 중 또는 후에 발생하는 심각한 합병증 중 하나이다.¹⁾ 심혈관계 수술 시 발생한 심부전은 일차적으로 약물을 사용하여 치료를 시도하지만 이러한 치료에 반응하지 않는 심부전인 경우에는 기계적인 혈액학적 지지법을 필요로 하는 경우가 있다.²⁾ 그 대표적인 방법으로 대동맥내 풍선장치(intra-aortic balloon pump, IABP)가 흔히 사용되어져 왔다. 그러나 IABP만으로는 혈액학적 안정성을 유지하기에 불충분하거나 폐기능이 떨어지는 중증 심부전에서는 경피심폐지지장치(percutaneous cardiopulmonary support, PCPS)가 사용될 수 있다. 기계적인 혈액학적 지지법은 심부전으로 인한 주요 장기의 부전이 발생하기 전에 사용을 시작하는 것이 중요하다. 또한, PCPS의 경우 항응고제 사용으로 인한 출혈 경향이나 혈소판 파

괴, 혈전색전증 및 신부전, 하지의 허혈 등이 합병증으로 발생할 수 있으며, 장기간 동안 PCPS를 유지하면 할수록 이러한 합병증의 발생이 증가하여 이환률과 사망률이 높아지게 되므로 PCPS를 장기간 유지하기 위해서는 매우 주의 깊은 의료진의 노력이 요구된다.³⁾ 본 저자들은 심혈관계 수술 중과 후에 심부전이 발생한 환자에서 초기에 PCPS를 이용한 기계적 보조를 시작하여 다른 장기의 기능부전 없이 장기간 이를 유지하여, 성공적으로 PCPS로부터 이탈(weaning)할 수 있었던 증례를 경험하였기에 이를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

증 례

증례 1

환자는 66세 남자로 중증 울혈성심부전, 관상동맥폐쇄질환 및 심한 승모판막역류 진단 하에 수술을 위하여 입원하였다. 과거력상 심근경색증 진단 후 경피적관상동맥조영술을 시행하였고 좌전하행동맥 협착 소견으로 근위부와 원위

논문접수일 : 2008년 7월 21일
책임저자 : 박영란, 서울시 서대문구 신촌동 성산로 260
연세대학교 의과대학 마취통증의학교실, 우편번호: 120-752
Tel: 02-2228-8513, Fax: 02-364-2951
E-mail: ylkwak@yuhs.ac

부에 스텐트를 삽입한 후 약물치료를 받아오고 있었다.

마취 전 시행한 검사상 흉부 X선 검사에서는 심장비대, 폐의 우중엽과 우하엽의 기관지벽 비후와 폐허탈 소견이 있었으며, 심전도상 정상동성리듬, 조기심방수축, 조기심실수축, 심근 전벽괴사 소견이 관찰되었다. 혈액검사 소견상 creatinine 1.6 mg/dl로 증가되어 있었고, 간효소수치가 aspartate aminotransferase (AST) 41 IU/L, alanine aminotransferase (ALT) 68 IU/L로 다소 증가된 것 외에 특이사항은 없었다. 심초음파상 좌심실, 좌심방의 확장소견과 함께 좌심실박출분율 25%, 폐동맥고혈압, 중증도의 승모판막 역류와 경도의 대동맥판막 및 삼첨판막 역류가 관찰되었다. 심근 운동은 심기저부 전벽과 하벽 및 중간부 외벽과 하벽에 심한 운동저하를 보였고, 그 외의 부위에서는 무운동을 보였다. 환자는 가만히 있어도 숨찬 증상을 호소하는 상태였다.

마취 전 투약은 하지 않았고 수술실 입실 직후 요골동맥 카테터와 폐동맥카테터를 삽입하고 glucose-insulin-potassium 용액(50% dextrose 500 ml + insulin 325 U + potassium 80 mEq)을 20 cc/hr로 주입하였다. 마취유도 전, 혈압 100/60 mmHg, 맥박 76회/분이었으며, 맥박산소포화도 97%, 중심정맥압 14 mmHg, 폐동맥압 69/25 mmHg 및 심장박출지수 1.5 L/min/m²이었다. 수술은 체외순환 하에 관상동맥우회술(좌측 내유동맥에서 좌전하행동맥 원위부), 좌심실 용적 감소술(surgical anterior ventricular endocardial restoration, SAVER), 승모판막 재건술 및 삼첨판막 재건술을 시행하였다. 체외순환으로부터 이탈과정 중 심실 세동이 수차례 발생하여 amiodarone을 주입하기 시작하였다. 또한, 경식도심초음파에서 모든 심벽에 걸친 극심한 운동저하 소견이 관찰되고, 심장박출지수가 감소하여 milrinone을 0.5 µg/kg/min로 주입하기 시작하였다. 전신혈압을 유지하기 위해 norepinephrine을 0.3 µg/kg/min까지 사용하였으나 혈압이 유지되지 않아 vasopressin을 4 unit/h로 점적주입하였다. 이러한 노력에도 불구하고 경식도초음파 상 심근의 운동은 회복되지 않았고 이탈 시도 40분이 지난 후에도 펌프유량 2 L/min에서 맥박 80 회/분, 혈압 70/60 mmHg, 중심정맥압 8 mmHg, 폐동맥압 20/16 mmHg 및 심장박출지수 1.2 L/min/m² 정도 유지되어 체외순환으로부터 이탈이 불가능하며, 기계적 보조가 필요하다고 판단하였다. 이에 대퇴동맥과 대퇴정맥을 확보하고 그 카테터의 위치를 경식도초음파로 확인한 후 PCPS (CAPIOX[®], TERUMO, Japan)를 적용하여 유량을 3 L/min로 유지하면서 중환자실로 이송하였다. 수술 후 날짜(postoperative day, POD) 1일에, 출혈이 지속되어 이를 조절하기 위해 재수술을 시행하였고 명백한 출혈 부위 없이 전반적으로 배어 나오는 양상을 보였다. 이후 흉관으로 출혈은 계속되었으나 지속적인 수혈과 norepinephrine과 vasopressin을 각각 0.15 µg/kg/min과 2.4 unit/h로 주입하면서

PCPS 유량 3 L/min에서 평균동맥압이 60-70 mmHg 정도로 유지되었다. 출혈은 하루 약 4000 mL에서 POD 3일 600 mL까지 줄어드는 양상 보였으나 심초음파상 좌심실박출분율이 10%로 감소되어 있는 소견 보여 출혈이 감소되고 심장기능 회복 될 때까지 PCPS를 계속 유지하기로 하였다. POD 4일, 심실세동 발생으로 amiodarone 점적주입을 다시 시작하였고 맥박 90회 정도로 유지되며 PCPS 유량 2.5 L/min에서 혈압 110/75 mmHg가 유지되었다. POD 6일 다시 출혈로 인한 심장압전 소견 보여 재수술을 시행하였고, 그 후 출혈량이 감소하면서 POD 9일, PCPS 유량을 2 L/min, POD 10일에는 유량을 1 L/min까지 줄여도 활력징후가 안정되게 유지되어 POD 11일에는 PCPS 유량을 0.3 L/min까지 줄이고 관찰 후 POD 12일에 경식도심초음파상 좌심실 기능이 회복된 것을 관찰하고 PCPS로부터 이탈하였다. 이후 vasopressin 2.4 unit/h, milrinone 0.3 µg/kg/min, norepinephrine 0.15 µg/kg/min 및 amiodarone을 유지하면서 혈압 100/50 mmHg, 맥박 90회/분 및 중심정맥압 12 mmHg였고 동맥혈 가스분석 결과도 정상이어서 심장내과로 전과하였다.

증례 2

환자는 62세 남자로 14년 전 흉통 발생하여 관상동맥폐쇄질환(좌전하행동맥 중간부, 우관상동맥 및 둔각변연지동맥의 완전폐쇄)을 진단 받고 약물 치료 받아오다가 수술을 받기 위하여 입원하였다.

마취 전 검사에서 흉부 X선 검사상 심장비대 소견 및 심전도상 심방세동, 하벽과 전중격의 괴사 소견을 보였다. 심초음파상 좌심실박출분율 24%, 경도의 승모판막 및 삼첨판막 역류 소견이 있었고, 심근 운동은 거의 모든 부위에서 심한 운동저하 또는 무운동을 보였다. 관상동맥혈관조영술 상에서는 좌전하행동맥의 근위부에서 중간부까지 90% 협착, 첫째 둔각변연동맥에 80% 협착 및 우관상동맥 근위부의 완전 협착이 관찰되었다. 환자는 내과 치료를 시작한 후 특이 증상 없이 지냈다.

마취유도 전 혈액학은 거의 정상이었다. 수술은 체외순환 하에 관상동맥우회술(좌측 내유동맥에서 좌전하행동맥 중간부)과 SAVER를 시행하였다. 수술 후 체외순환으로부터 문제 없이 이탈하였고 이후 혈압 100/55 mmHg, 맥박은 심방세동으로 75-80회/분, 중심정맥압 7 mmHg, 폐동맥압 28/17 mmHg, 심장박출지수 2.6 L/min/m² 상태에서, isosorbide dinitrate 0.5 µg/kg/min, diltiazem 1 µg/kg/min과 norepinephrine 0.15 µg/kg/min을 유지하며 중환자실로 이송되었다. 이송 후 혈압이 90/50 mmHg로 감소하였고 심장박출지수 또한 1.6 L/min/m²로 떨어지면서 milrinone을 50 µg/kg를 정주한 후 0.5 µg/kg/min로 주입하기 시작하였고, POD 1일, 혈압이 70/40 mmHg, 심장박출지수 1.2 L/min/m²로 감소하여 vaso-

pressin 4 unit/h와 epinephrine 0.2 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 를 점적주입 하였으나 혈압이 유지되지 않아 대퇴동맥과 대퇴정맥을 확보하고 카테터의 위치를 흉부 X선 검사로 확인한 후 PCPS (CAPIOX[®], TERUMO, Japan)를 적용하고 유량을 3 L/min으로 유지하였다. POD 5일, PCPS 유량을 2 L/min로 유지하면서 활력징후가 안정되게 유지되었으나 심초음파상 좌심실 박출분을 11%, 기저부에서 심첨부까지 전체적인 무운동 소견이 관찰되었다. POD 6일, PCPS를 제거하고 IABP로 전환하였으나 수축기 혈압이 90에서 170 mmHg 사이를 오가는 등 혈압이 불안정 해지고 중심정맥압이 15-20 mmHg로 증가하였다. IABP 시행 전 AST/ALT가 47/26 IU/L였으나 POD 10일에는 6,570/4,401 IU/L까지 상승하였고, 혈액요소질소 (blood urea nitrogen, BUN)와 creatinine도 각각 19 mg/dl, 1.0 mg/dl에서 54 mg/dl, 1.8 mg/dl로 상승하는 등 우심실부전 소견을 보여 POD 10일 IABP를 제거하고 다시 PCPS를 적용하였다. PCPS 유량 2.5 L/min 적용 후 혈압 120/65 mmHg 과 중심정맥압 6 mmHg로 안정되었으며 이후 AST/ALT는 49/104 IU/L로 어느 정도 안정되었으나 POD 13일, BUN/creatinine은 88.8/4.3 mg/dl까지 상승하여 continuous renal replacement therapy (CRRT)를 시작하였다. POD 10일에 PCPS를 다시 적용한 이후 norepinephrine 0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 로 점적주입 하는 상태에서 혈압이 105/55 mmHg로 안정화 된 양상을 보였다. POD 20일에는 유량을 2 L/min으로 줄이면서 epinephrine 0.03 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 를 투여하기 시작하였고 이후 혈압이 115/60 mmHg로 유지되어 유량을 점차 줄여가기로 하였다. POD 24일에는 유량을 0.6 L/min까지 줄인 상태에서도 혈압 120/70 mmHg, 맥박 70-100회/분, 중심정맥압 10 mmHg로 유지되었고, POD 27일 PCPS로부터 이탈하였다. PCPS로부터 이탈 후, norepinephrine 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, epinephrine 0.03 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, vasopressin 1.2 unit/h로 각각 점적주입되고 CRRT를 유지하고 있는 상태에서 혈압 120/70 mmHg, 맥박 80-100회/분, CVP 10 mmHg 이었다. AST/ALT는 45/75 IU/L, BUN/creatinine은 40.9/2.0 mg/dl, 혈액가스검사는 정상 소견이 관찰되었으며 이후 환자는 심장내과로 전과되었다.

고 찰

본 증례는 심장수술 후 발생한 심부전 치료를 위해 조기에 PCPS를 이용한 기계적 보조를 시작한 후 장시간 동안 이를 합병증의 발생 없이 잘 유지하여 PSPC로부터 이탈에 성공한 치료경험에 관한 것으로 두 환자 모두 심부전의 정도가 심하고 약물치료를 반응하지 않아서 빠른 시기에 PCPS를 이용한 보조가 없었다면 생존이 불가능했을 것으로 생각되는 경우였다.

PCPS는 원심성 펌프(centrifugal pump)와 막형 산화기(membrane oxygenator)를 사용하여 만들어진 폐쇄적 체외순

환회로(closed extracorporeal circuit)로, 체외순환계에서 정맥혈을 산소화함으로써 일시적인 호흡보조를 가능하게 하며 체외막형 산소화(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)와 같은 의미로 사용되어지는 용어이다. PCPS는 급성 심근경색에 의한 심인성 속 환자에서 IABP보다 예후를 개선하는데 우수했다고 보고된 바 있으며,⁵⁾ 심근염 환자에서 PCPS 사용이 급성기에도 안정적인 혈역학을 유지하는데 도움이 되었다는 보고도 있다.⁶⁾ 또한 개심술 후의 심부전이 발생한 경우에 혈역학적인 지지를 위해 사용될 수 있고, 주요 심혈관 수술 중에도 사용될 수 있으며, 비단 심혈관계 수술이 아니더라도 기관절제 및 식도암 수술 등에서 혈역학적 지지와 더불어 호흡 지지를 위해 사용되기도 한다.^{7,8)} 이 밖에도 비심장수술 중 발생한 심실세동으로 심폐소생술에 반응이 없는 경우에 PCPS를 사용하여 합병증 없이 환자를 치료할 수 있었다는 증례도 보고되는 등⁹⁾ PCPS는 각종 내과적 응급 상황에서부터 외과 영역에까지 널리 사용 가능한 효과적인 혈역학 지지장치이다.

본 증례의 환자들은 고용량의 말초혈관수축제 및 심근수축촉진제의 사용에도 불구하고 혈압이 유지되지 않았으며, 심장의 기능이 심하게 감소되어 있어 약물보조나 IABP 만으로는 혈역학을 유지하기가 어려웠다. 이러한 이유로 외과와 마취과가 모두 동의하여 수술 중 또는 수술 직후에 PCPS를 이용해 치료를 시작하였다. Oshima 등은¹¹⁾ 심혈관수술 후 저심박출량 증후군 환자를 대상으로 PCPS를 적용한 후 성공적으로 이탈할 수 있었던 요소들에 대한 연구 보고에서 48시간 안에 유량을 줄일 수 있었던 환자들에서 이탈이 용이하였고, 96시간 이내에 유량을 줄일 수 없거나 환자의 신장이나 간 기능과 관련된 혈액 검사 소견이 회복되지 않는 경우 예후가 좋지 않다고 하였다. 이렇듯 다른 주요 장기의 기능이 얼마나 보존되는가는 환자 회복의 중요한 관건이 되는데 고용량의 심장관련 약물들을 사용하면 시간을 끌수록 저심박출량으로 인한 주요 장기의 기능부전이 발생할 가능성이 높아지기 때문에 기계적 보조장치의 시행 시기가 매우 중요하다. 첫번째 증례의 경우 체외순환으로부터 무리한 이탈을 시도하거나 체외순환 하에서 심장이 회복되기를 기다리기 보다는 조기에 PCPS를 시행하는 것이 다른 합병증의 발생을 억제하는데 도움이 된다는 판단에 체외순환으로부터의 이탈 시도 40분 만에 PCPS를 시작하였다. 이 환자는 48시간 내에 PCPS의 유량을 줄이지는 못하였지만 PCPS로부터 이탈하기까지 creatinine과 간효소수치 등 모든 검사 결과들이 정상범위 내에 있었다. 두번째 환자는 중환자실에서 혈역학이 나빠지면서 약물의 사용량이 증가하자 원래 심부전이 매우 심했던 것을 감안하여 곧바로 PCPS를 삽입한 경우이다. PCPS를 유지하다가 POD 6 일째 IABP를 삽입하기 전까지는 creatinine과 간효소수치 등이

모두 정상범위였으나 IABP 삽입 후 이들이 정상범위를 벗어나 다시 PCPS로 전환하였고 결국 신부전이 호전되지 않아 CRRT를 적용하였다. 이로 인해 두번째 환자에서 첫번째 환자보다 PCPS로부터의 이탈이 더욱 어려웠다고 생각된다.

PCPS를 사용하면서 생길 수 있는 합병증으로는 항응고제 사용으로 인한 출혈성 경향이나 혈소판 파괴, 혈전색전증, 신부전, 하지의 허혈 등이 있다.⁴⁾ 특히, PCPS 사용 시 항응고제 치료는 반드시 필요하며 이것이 출혈경향을 악화시키는 것은 피할 수 없는 일이다. PCPS를 유지하기 위해서는 항응고제 치료를 하며 ACT를 250-300초로 유지하여야 하는데, 개심술을 시행 받은 환자에서는 심장막 안이나 중격동으로의 출혈이 지속될 수 있어 PCPS를 장기간 유지하기에는 큰 어려움이 따른다. 본 증례에서는 출혈을 줄이기 위해 헤파린의 투여량을 최소한으로 줄여 ACT를 약 200초로 유지하였으며 PCPS를 첫번째 환자에서는 287시간, 두번째 환자에서는 390시간 동안 큰 합병증 없이 유지할 수 있었는데 헤파린 투여량을 줄임으로써 발생률이 증가될 수 있는 혈전이나 색전증과 같은 합병증은 발생하지 않았다. 첫번째 환자의 경우 수술 후 출혈이 계속되어 여러 번의 재수술을 하면서 PCPS로부터 이탈하여 헤파린 사용량을 줄여보고자 여러 차례 시도하였는데, 결국 외과적 출혈부위를 모두 해결하고 출혈이 줄어들면서 혈액학도 보다 안정이 되었던 것으로 미루어 이 환자에서의 출혈은 PCPS 유지를 위해 사용된 헤파린이 문제는 아니었던 것으로 판명되었다. 최근에는 heparin-coated tubing system이 소개되면서 헤파린의 필요량을 보다 더 감소시킬 수 있게 되었는데 이 경우 ACT는 약 180-200초 정도로만 유지해도 문제가 되지 않았다고 한다.⁴⁾

Miura 등은¹⁰⁾ 2명의 환자에서 heparin-coated tubing system을 이용하여 각각 37시간과 91시간동안 PCPS를 유지하였다는 보고를 한 바 있다. 또한 Takanori 등은¹⁰⁾ 2명의 급성 심근염 환자에서 각각 9일과 11일 동안 PCPS를 유지하다가 성공적으로 이탈하였다는 보고를 하였다. 본 증례의 경우에는 2명의 환자에서 PCPS를 유지하였던 시간이 각각 287시간과 390시간으로 PCPS로부터 이탈하는 시점까지 특별한 합병증은 발생하지 않았고 이탈 후 내과로 전과되었다.

그러나, 2명의 환자 모두 내과로 전과된 후 감염과 많은 약제의 투여에 의한 간기능 장애로 인해 내과로 전과된 후 각각 11일, 34일 만에 사망하였다. 따라서, PCPS를 유지하는 동안에는 출혈 외에도 혈소판 파괴, 혈전색전증, 신부전 또는 하지의 허혈 등의 다른 합병증의 발생할 가능성에 대하여 항상 유의하여야 하고 이 밖에도 환자의 전반적인 전신상태나 감염, 신경학적 합병증 등에 대해서도 철저히 관리 하여야 하겠다.⁴⁾

결론적으로 저자들은 약물요법 만으로는 혈액학 유지가 어려운 수술 후 심부전이 발생한 환자에서 주요 장기의 부

전이 발생하기 전에 초기에 PCSP를 삽입하고 이를 10일 이상 오랜 기간 동안 합병증 없이 잘 유지함으로써 성공적으로 PCPS로부터 이탈할 수 있었던 경험을 하였기에 이를 보고하는 바이다.

참 고 문 헌

1. Goldstein DJ, Oz MC: Mechanical support for postcardiotomy cardiogenic shock. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 12: 220-8.
2. Chatzis AC, Giannopoulos NM, Tsoutsinos AJ, Zavaropoulos PN, Kirivassilis GV, Sarris GE: Extracorporeal membrane oxygenation circulatory support after cardiac surgery. *Transplant Proc* 2004; 36: 1763-5.
3. Pagani FD, Lynch W, Swaniker F, Dyke DB, Bartlett R, Koelling T, et al: Extracorporeal life support to left ventricular assist device bridge to heart transplant: A strategy to optimize survival and resource utilization. *Circulation* 1999; 100(Suppl 19): II 206-10.
4. Sawa Y: Percutaneous extracorporeal cardiopulmonary support: current practice and its role. *J Artif Organs*. 2005; 8: 217-21.
5. Takeshi A, Hiroshi N, Tomonori I, Isao M, Satoshi D, Yoichi G, et al: Appropriate indication for the use of a percutaneous cardiopulmonary support system in cases with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Jpn Circ J* 2001; 65: 145-9.
6. Kiyohiro O, Fumio K, Hiroshi H, Yoshiro H, Junko H, Yukio T, et al: Fulminant myocarditis treated with percutaneous cardiopulmonary support system (PCPS). *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 14: 75-80.
7. Kawaguchi T, Kushibe K, Takahama M, Taniguchi S: Bluntly traumatic tracheal transection: usefulness of percutaneous cardiopulmonary support for maintenance of gas exchange. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 27: 523-5.
8. Yabuuchi S, Miura K, Shiiba K, Shibata C, Ishii S, Mizoi T, et al: Successful treatment of intraoperative heart failure caused by ampulla cardiomyopathy by intra-aortic balloon pumping and percutaneous cardiopulmonary support: report of a case. *Surg Today* 2005; 35: 874-8.
9. Hiroshi S, Yoshihisa F, Tomoko O, Satoshi W, Motoko K, Atsuo S, et al: Successful resuscitation from prolonged ventricular fibrillation using a portable percutaneous cardiopulmonary support system. *Anesthesiology* 2003; 99: 1227-9.
10. Miura M, Fukuju T: Long-term application of percutaneous cardiopulmonary support system without systemic heparinization. *Kyobu Geka* 2004; 57: 115-8.
11. Oshima K, Kunimoto F, Takahashi T, Mohara J, Takeyoshi I, Hinohara H, et al: Factors for successful weaning from a percutaneous cardiopulmonary support system (PCPS) in patients with low cardiac output syndrome after cardiovascular surgery. *Int Heart J* 2007; 48: 743-54.
12. Takanori Y, Seiichiro M, Taka'aki K, Kikihisa F, Norifumi K, Nobuhiro O, et al: Acutely severe myocarditis successfully treated by percutaneous cardiopulmonary support applied by a newly developed heparine-binding oxygenator and circuits. *Jpn Circ J* 1997; 61: 1037-42.