

## 開心術後 PCPS の経験

田山 栄基\*, 高瀬谷 徹\*, 平塚 了一\*, 炊江 秀幸\*  
西見 優\*, 林田 信彦\*, 福永 周司\*  
明石 英俊\*, 川良 武美\*, 青柳 成明\*

### 要 旨

開心術後人工心肺離脱困難症に対して用いた portable cardiopulmonary bypass support system (PCPS) を、生存群 (8例) と死亡群 (9例) に分け予後規定因子、今後の改善点などについて検討した。有意な危険因子は、年齢、周術期大量出血、および PCPS 中の左室減圧不良が挙げられた。開心術後 PCPS の成績向上のためには、完全な止血、至適な抗凝固療法、十分な左室減負荷が重要である。さらに、心機能を正確に把握し循環補助へ移行するタイミングを逸さないことも肝要である。

### 緒 言

開心術後人工心肺離脱困難症に対する portable cardiopulmonary bypass support system (PCPS) の有効性は広く認められているが<sup>1-3)</sup>、成績向上のためには更なる改善の余地がある。今回当施設で行われた開心術後 PCPS 症例の成績をレビューし、今後の改善点などについて検討を加えた。

### 対象及び方法

対象は1993年5月から1999年12月までの開心術後 PCPS を適用した17症例を生存群 (8例) 及び死亡群 (9例) に分けて比較検討した (表1)。PCPS には、Carmeda Bio-Active Surface Closed Chest Support System (Medtronic, Anaheim, CA) を用いた。生存群の原疾患は、虚血性疾患が4例、感染性心内膜炎による僧帽弁閉鎖不全症1例、急

性肺塞栓3例であった。このうち、6例が一過性に術前ショックに陥っていたが、IABP もしくは PCPS により麻酔導入時の循環動態は、全例比較的安定していた。一方、死亡群では虚血性疾患が5例、大血管疾患が4例であった。5例の術前ショックに対し3例で機械的補助を行っていた。予後を規定する因子として、年齢、性別、術前ショック、術前機械補助の有無、大動脈遮断時間、体外循環時間、術後 PCPS 使用時間、超低体温併用の有無、周術期大量出血 (術中及び術後24時間で10ℓを越えるもの)、術後 IABP 併用、二期的胸骨閉鎖、左室減圧不良 (PCWP>15 mmHg, もしくは明らかに左室の過伸展が経食道心エコー図で認められるもの) を検討対象とした。

統計は、Two group t-test, Fisher's exact probability test を用いた。

### 結 果

PCPS 使用全症例の生存率は47.1%であり、急性期を乗り切った症例は全例が退院可能だった。2群間に有意差を認めた因子は、年齢、周術期大量出血、左室減圧不良であった (表2)。性別、術前ショック、術前機械補助の有無、大動脈遮断時間、体外循環時間、術後 PCPS 使用時間、超低体温、術後 IABP 併用、二期的胸骨閉鎖に有意差はなかった。

### 考 察

開心術後の補助循環として PCPS を用いた症例の予後決定因子を検討することで、今後の改善点などについて考察を加えた。

まず、術前ショックの有無に有意差を認めな

\*久留米大学医学部外科学講座

表1 術前診断及び手術方法

Case	Diagnosis	Shock	Preope IABP/PCPS	Ope Procedure
Survival group				
70 M	IHD, OMI, MR			CABG (×4) and MVP
67 M	IHD, UAP	+	I, P	CABG (×2)
34 M	IHD, AMI	+	I, P	CABG (×2)
56 M	IHD, CoA			CABG (×2) and Asc-bifemoral a. byps
67 M	IE, MR, post MVP	+	P	MVR
46 F	Act Pulm Emboli	+	P	Pulm thrombectomy
60 F	Act Pulm Emboli	+	P	Pulm thrombectomy
76 F	Act Pulm Emboli	+	P	Pulm thrombectomy
Non-survival group				
62 F	Act Ao Disct (DeB-I)	+		Asc-Arch Replase
72 M	Chor Ao Disct (DeB-IIIb)			Dec Ao Replace
76 M	TAA (Arch)			Total Arch Replace
77 F	TAA rupt	+		Dec Ao Replace
61 M	IHD, OMI, EA			CABG (×2)
61 M	IHD, AMI, LV aneurysm	+	I, P	LV aneurysmectomy
75 F	IHD, AMI, VSP	+	I	Endcardial Repair
84 F	IHD, AMI, Free wall rupt	+	I	Endcardial Repair
75 M	IHD, OMI, MR			CABG (×3), MAP and Dor's ope

IHD; Ischemic heart disease, OMI; Old myocardial infarction, MR; Mitral regurgitation, UAP; Unstable angina pectoris, AMI; Acute myocardial infarction, CoA; Atypical coarctation, IE; Infectious endocarditis, Post MVP; Post mitral valve plasty, Act Pulm Emboli; Acute pulmonary embolism, Act Ao Disct (DeB-I); Acute aortic dissection (DeBakey type I), Chr Ao Disct (DeB-IIIb); Chronic aortic dissection (DeBakey type III), TAA (Arch); Thoracic aortic aneurysm (Arch disease), TAA rupt; Thoracic aortic aneurysm rupture, EA; Effort angina pectoris, LV aneurysm; Left ventricular aneurysm, VSP; Ventricle septum perforation, Free wall rupt; Left ventricle free wall rupture, I: IABP, P; PCPS, CABG; Coronary artery bypass grafting, MVP; Mitral valve plasty, Asc-Bifemoral a. bypas; Ascending aorta-bifemoral arteries bypass, MVR; Mitral valve replacement, Pulm Thrombectomy; Pulmonary thrombectomy, Asc Arch Replase; Ascending arch aorta replacement, Dec Ao Replace; Descending aorta replacement, Total Arch Replace; Total aortic arch replacement, MAP; Mitral annulo plasty, Dor's ope; Dor's operation

表2 術前及び術中の各要因が予後に与える影響

	Survival (n=8)	Non-Survival (n=9)	P
Age (yo)	59.8±13.8	71.4±8.2	.004*
Gender (M/F)	5 / 3	5 / 4	.772
Preope Shock (+/-)	3 / 5	4 / 5	.772
Preope Mechanical Assist (+/-)	6 / 2	3 / 6	.086
ACCT (min)	104.5±31.7 (0~141)	109.1±66.2 (0~223)	.876
ECCT (min)	221.9±138.9 (65~463)	272.0±131.7 (138~483)	.473
Postope PCPS duration (hrs)	64.9±36.3 (13~140)	80.0±60.0 (2~193)	.546
Deep Hypothermia (+/-)	0 / 8	3 / 6	.072
Bleeding (+/-)	3 / 5	8 / 1	.027*
Postope IABP (+/-)	4 / 4	7 / 2	.232
Secondary Chest Closure (+/-)	3 / 5	4 / 5	.772
Poor LV decompression (+/-)	0 / 8	4 / 5	.031*

ACCT; aortic cross clamp time  
ECCT; extracorporeal circulation time

\*p<0.05

かったのは、生存群では一旦ショックに陥っても至適な機械補助にて執刀前には循環動態が維持されていたこと、左室機能が比較的温存されている肺塞栓の患者が多かったことが関連していると思われた。PCPSは広範囲肺塞栓に対して術前のみならず術後管理においての補助手段として非常に有効であった。これはPCPSが右心補助に加えて、肺の再灌流傷害によって誘発した低酸素血症に対して“肺を一定期間休ませる”ことによる呼吸補助効果があるからと考えている<sup>4)</sup>。一般に救命例においてはPCPS時間が短いという報告が多い<sup>5)</sup>が、今回の症例では術後PCPSの使用時間は2群間差はなかった。1997年以降の治療方針で、一旦補助循環に載せたら最低24時間は強心薬を必要最低限とし機械補助離脱は試みず、まずはダメージを受けた心臓をしっかり休ませるように管理したことが、生存例でも比較的長時間PCPSを用いた理由の一つになっていた。先述したように、肺塞栓術後の低酸素血症の呼吸補助として使用した症例が含まれていることも一因であると思われた。一方で、予後良好だった症例はほとんどが48時間以内に回復の兆しが認められていたことは過去の報告と一致していた<sup>5)</sup>。

大血管疾患は低拍出量症候群に出血を伴い最終的に多臓器不全で最終的に死亡に至る症例が多かった。原疾患の性質上、動脈硬化性病変を伴うハイリスク症例が多いこと、不適切な心筋保護、超低体温による血小板機能、凝固能障害による大量出血等が予後不良の要因であると考えられた。今回の検討では、超低体温手術は有意差は認めなかったが、術後大量出血は生命予後の明らかなリスク因子となっていた。

大血管疾患に関わらず、機械補助を行う上で出血対策は急務である。止血対策として、生体適合性に優れるヘパリンコーティング回路の使用はPCPSを開心術後に用いる場合必須と考えている<sup>6)</sup>。さらに、フサン、トランサミン、血小板製剤、FFPの積極使用が勧められている。Von Segesserら<sup>7,8)</sup>はヘパリン回路にプロタミンの使用の危険性を示唆しているが、著者らは出血を早期にコントロールする必要性の方が塞栓症や人工肺機能低下を危惧することより重要と考えて、ACT 150 sec 以下になる程度までプロタミン投与を行っている。幸いこれまでの経験では特に大き

な問題は認めなかった。今後も、プロタミンに関しては細心の注意を払いながら投与していく予定である。また、二期的に胸骨閉鎖を行った症例が生存群でも3例あったが、最低48時間以内間隔の縦隔洗浄を行うことで、いずれの症例も縦隔洞炎等の感染症を予防することができた。二期的胸骨閉鎖は再手術が必須となり感染症の危険性が高くなるが、右房脱血、上行大動脈送血が可能のため十分な流量が得られることも知られている。末梢血管アクセスで胸骨閉鎖可能なことがPCPSの利点であるが、症例の重症度や止血の困難性によって末梢脱血にするか、中枢脱血にするか使い分けのべきと思われた。

IABPは、その利便性によりPCPSが導入される前から既に使用されていることが多い。IABPの補助循環のメカニズムは対向拍動による冠循環、脳循環の増加、左室後負荷軽減作用、全身血流の拍動化であり、PCPSとは違うメカニズムで作用する。したがって、IABPとPCPSの併用は理論的にも有用である<sup>9,10)</sup>。今回の生存群症例で、異型大動脈縮窄症を合併した労作性狭心症に対し、冠動脈バイパス(X2)、上行大動脈-両側総腸骨動脈バイパス術後、術後心筋梗塞のため術直後から補助循環を必要とした。本症例では横隔膜レベルの下行大動脈に狭窄があったため、大腿動脈アクセスでのIABPは使用できなかったため、PCPSを術直後より補助手段の第1選択として使用した。しかし、術後の心機能の回復が思わしくなかったため、術後1日目、上行大動脈-両側総腸骨動脈バイパスの人工血管に8mmの人工血管を端側縫着し、同部位から“順行性”にIABPを挿入した。IABP併用後から循環動態は安定し術後3日目にPCPS離脱、5日目にIABP離脱となった。PCPSとIABP併用、ならびにIABP順行性挿入の有効性が改めて示唆された症例であった。

Veno-Arterial bypassであるPCPSの問題点として、左室 wall stress 増加<sup>11-13)</sup>、後負荷増加<sup>14)</sup>、心筋酸素消費量増加<sup>14,15)</sup>等が報告されており、左室補助の観点としては必ずしも好ましくないこともある。ダメージを受けた不全心が回復する過程において、左室の減圧は非常に重要なポイントである。今回の検討でも生存例では全例がPCPS使用時十分な左室減圧ができていた。著者らは使用経

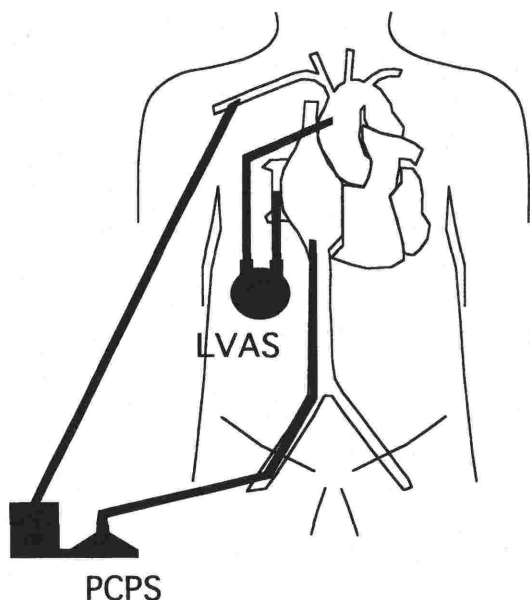


図1 LVAS, PCPS を併用した症例の模式図

験ないが、症例によっては左室減圧不良症例には経動脈左室ベント<sup>16)</sup>、や両心脱血<sup>17)</sup>等を検討すべきであろう。一方で、PCPSの補助能力の限界を理解し左心室補助装置(LVAS)への移行を考慮するタイミングを逸してはならない。死亡群の症例であるが、PCPSからLVASへの移行が一時的に有効だった症例を供述する。75歳EF20%の虚血性心筋症、僧帽弁閉鎖不全症で、冠動脈バイパス術、僧帽弁形成術、Dor法による左室形成術を行ったが、人工心肺離脱困難に対しIABP、PCPSにて循環補助を施行した。しかし、心機能の回復の兆しはなく腎機能障害進行を認めてきたため、術後4日目に拍動型左室補助装置(LVAS)に移行した。ただしLVAS導入後もPCPSを3日間併用した(図1)。LVAS移行後、循環動態は徐々に安定し、自尿2000 ml/dayも確保することができた。LVAS導入から2週間後、一旦IABPのみの補助まで離脱可能となったが、結局術後45日目にLOSで死亡した。PCPS、IABPでの補助が不十分であると判断したら、速やかに更に強力な補助循環に移行することの重要性が示唆された1例であった。同時に本症例で特記すべき点は、LVAS導入後のわずか1 l/minのPCPS流量でも右心系の前負荷を軽減し、全身の酸素化にも大き

表3 LVAS症例においてPCPSを併用した時の血行動態

PCPS flow (l/min)		OFF	0.8
BP	(mmHg)	79/40	93/43
PA	(mmHg)	34/11	28/8
CVP	(mmHg)	11	8
PCWP	(mmHg)	12	11
HR	(bpm)	80	85
SvO <sub>2</sub>	(%)	51	67
CO	(l/min)	3.9	3.8
LVAD flow	(l/min)	3.2	3.0
Blood Gas Analysis			
pH		7.48	7.49
pCO <sub>2</sub>		33.2	35.7
pO <sub>2</sub>		63.8	79.2
BE		2.0	3.7
SaO <sub>2</sub>		92.8	95.9

PCPS flow 0.8 l/minのサポートにより、右心系前負荷の軽減、酸素化が改善された。

く貢献したことである(表3)。LVAS使用時にPCPSは末梢血管アクセス可能な一時的右心補助装置として使用することができたことは意義深い。しかしVeno-Arterial bypassであるPCPSは右心系から左房への灌流量を減少させるため、LVAS流量が減少しすぎない程度にPCPSを流量調節する配慮が必要である。

有効な補助循環への移行のタイミングを逸すべきではないという点では、人工心肺からの離脱時でも同様である。相当数の症例が一回目の人工心肺離脱が困難であっても、約30分程度の人工心肺再開によるや各種強心剤併用で離脱が可能となりうる。しかしながら、むやみに人工心肺から離脱しようとする試みすることで補助循環導入のタイミングを失ってはならない。肺動脈カテーテルのみならず左房圧モニター、経食道心エコー法での正確な心機能評価が重要なことは当然である。また、循環動態のデータのみならず、術前の重症度、疾患特異性、術中の心筋保護効果等も考慮すべきである。著者らは、心筋虚血時間の約半分の時間を人工心肺下に補助し心臓を休ませてもさらに人工心肺離脱困難である場合は、心機能障害が著明であると判断し積極的な補助循環の適応と考えている。

PCPSの合併症として、体温低下、下肢虚血、回路・人工肺の交換等が報告されている。体温低

下は熱交換器の使用, 下肢虚血は人工血管縫着もしくは18G留置針穿刺による末梢側灌流を行うことで, これらの合併症は回避することができた。

## 結 論

開心術後 PCPS の予後を左右する因子は, 高齢, 周術期大量出血, 左室減圧不良であった。開心術後の予後改善には, 完全な止血, 十分な左室減圧が重要であった。特に, 超低体温手術後は coagulopathy による出血傾向があるため, 抗凝固療法は更なる改善が急務である。また, 機を逸しない早期の PCPS 導入が重要であるとともに PCPS での循環補助が不十分であると判断されれば, LVAS 等の強力な循環補助への移行も躊躇すべきではない。また, PCPS は LVAS 使用下においても末梢血管アクセスが可能な一時的右心補助装置としても用いることが可能であった。

## 文 献

- 1) Hartz R, LoCicero III J, Sanders JH, et al : Clinical experience with portable cardiopulmonary bypass in cardiac arrest patients. *Ann Thorac Surg* 50 : 437-441, 1990
- 2) Mooney MR, Arom KV, Joyces LD, et al : Emergency cardiopulmonary bypass support in patients with cardiac arrest. *J Thoracic Cardiovasc Surg* 101 : 450-454, 1991
- 3) Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, et al : Emergent applications of cardiopulmonary support: A multi-institutional experience. *Ann Thorac Surg* 54 : 699-704, 1992
- 4) 赤須晃治, 炊江秀幸, 横瀬昭豪ら : 経皮的心肺補助を用いた広範囲肺血栓塞栓症の治療. *久留米医学誌* 62 : 237-243 (abstract in English), 1999
- 5) Sasaki S, Yasuda K, Matsui Y, et al : Therapeutic strategy of perioperative use of percutaneous cardiopulmonary bypass support (PCPS) for adult cardiac surgery. *JJTCVS* 47 : 20-26, 1999
- 6) Kawahito K, Ino T, Adachi H, et al : Heparin coated percutaneous cardiopulmonary support for the treatment of circulatory collapse after cardiac surgery. *ASAIO J* 40 : 972-976, 1994
- 7) Von Segesser LK : Heparin-bonded surfaces in extracorporeal membrane oxygenation for cardiac support. *Ann Thorac Surg* 61 : 330-335, 1996
- 8) Von Segesser LK, Gyurech DD, Schilling JJ, et al : Can protamine be used during perfusion with heparin surface coated equipment? *ASAIO J* 39 : M190-194, 1993
- 9) Bavaria JE, Furukawa S, Kreiner G, et al : Effect of circulatory assist devices on stunned myocardium. *Ann Thorac Surg* 49 : 123-128, 1990
- 10) Phillips SJ, Zeff RH, Kongtahworn C, et al : Benefits of combined balloon pumping and percutaneous cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 54 : 908-910, 1992
- 11) Pae WE, Piece WS, Penneck JL, et al : Long-term results of ventricular assist pumping in postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93 : 434-441, 1987
- 12) Pennington DG, Merjavy JP, Swartz MT, et al : Clinical experience with a centrifugal assist device. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 28 : 93-98, 1982
- 13) Ratcliffe MV, Bavaria JE, Wegner RK, et al : Left ventricular mechanics of ejecting, postischemic hearts during left ventricular circulatory assistance. *J Thorac Cardiovasc Surg* 101 : 245-255, 1991
- 14) Axelrod HI, Galloway AC, Murphy MS, et al : Percutaneous cardiopulmonary bypass with a synchronous pulsatile pump combines effective unloading with ease of application. *J Thorac Cardiovasc Surg* 93 : 358-365, 1987
- 15) Salisbury PF, Cross CE, Rieben PA, et al : Comparison of two types of mechanical assistance in experimental heart failure. *Circ Res* 8 : 431-439, 1960
- 16) Kurihara H, Kitamura M, Shibuya M, et al : Effect of transaortic catheter venting on left ventricular function during venoarterial bypass. *ASAIO J* 43 : M838-841, 1997
- 17) Koderer K, Kitamura M, Hachida M, et al : Biventricular bypass with oxygenation for postcardiotomy ventricular failure. *Artif Organs* 20 : 724-727, 1996

### Clinical Experience of Postcardiotomy Portable Cardiopulmonary Support System

Eiki Tayama\*, Toru Takaseya\*, Ryoichi Hiratsuka\*, Hideyuki Kashikie\*, Masaru Nishimi\*,  
Nobuhiko Hayashida\*, Shuji Fukunaga\*, Hidetoshi Akashi\*, Takemi Kawara\*, Shigeaki Aoyagi\*

\*Department of Surgery, Kurume University School of Medicine, Fukuoka, Japan

We reviewed our experience of the postcardiotomy portable cardiopulmonary support system (PCPS). Risk factors for prognosis were estimated by comparing survival group (n=8) and non-survival group (n=9). Significant risk factors were age, perioperative large amount of bleeding, and poor left ventricle

decompression. In order to improve outcome, complete hemostasis, adequate anticoagulant therapy, and proper left ventricle decompression were essential. Accurate cardiac function monitoring and timing to introduce the mechanical assist are also important.

**Key words :** PCPS, Postcardiotomy, Circulation assist, Mechanical assist

(Circ Cont 21 : 413~418, 2000)