

経皮的心肺補助装置 (PCPS) の臨床使用経験

—装置の変遷と回路の工夫—

古川博史*, 西田 博*, 川合明彦*, 青見茂之*
八田光弘*, 遠藤真弘*, 小柳 仁*

要 旨

PCPSの臨床使用経験と回路の工夫とその選択について検討した。症例はPCPSによる循環補助を行った28例で、導入の原因はLOSが14例、VTやVfが5例、非開心術中ショックが3例、待機のPDA手術が3例、人工心肺離脱困難が2例、急性呼吸不全が1例。95年以降19例にヘパリンコーティング回路を使用し、96年以降7例にAVシャント付きソフトリザーバーを付加した回路を使用し、98年以降5例に熱交換器付き膜型人工肺を使用した。補助循環時間は平均49.6時間で、28例中14例(50.0%)が離脱し、8例(28.5%)が生存退院した。様々な病態に応じた循環補助システムを選択し、良好な結果を得ることができた。

緒 言

経皮的な心肺補助装置(PCPS)は強力な循環補助システムとして心原性ショックや周術期循環補助に対して使用されているが、年々その成績は向上し、長時間補助も可能になってきた。しかし、簡単にかつ迅速に導入できるという利点がある一方で様々な問題点があり、特に長期循環補助における合併症や耐久性に対しては様々な工夫が考えられている。今回著者らは、当科におけるPCPSの臨床使用経験と装置の変遷、回路の工夫とその選択についてretrospectiveに検討し、若干の文献的考察を加え報告する。

対象と方法

症例は1992年8月から1998年11月までに当科にてPCPSによる補助循環を行った28例を対象とした。年齢は20歳から78歳、平均年齢54.6歳で、男性19例、女性9例であった。なお、この28例は全例、送脱血のカニューラの挿入部位が大動脈静脈であった症例で、他の部位からカニューレを挿入しPCPS回路を使用して補助循環を行った症例は除外した。PCPS導入の原因は、心原性ショックによる低心拍出量症候群(LOS)が14例(50.0%)、心室頻拍(VT)や心室細動(Vf)などの重篤な不整脈に対する救命的循環補助が6例(21.4%)、動脈管閉存症(PDA)に対する定例手術における体外循環としての循環補助が3例(10.7%)、人工心肺離脱困難例に対し通常体外循環からの移行による補助循環が2例(7.1%)、非開心術の術中ショックに対する救命的循環補助が2例(7.1%)、急性呼吸不全が1例(3.6%)であった。大動脈バルーンパンピング(IABP)を28例中19例(67.9%)に併用した(表1)。

PCPS回路はテルモ社製キャピオックスEBS、通称“EMERSAVE”を使用した。1995年以降19例にヘパリンコーティング回路を導入し、少量のヘパリン使用下にACT(activated clotting time)を200秒前後でコントロールし循環補助を行った。さらに、1996年以降補助循環中のポリウム管理や大量輸液が可能なソフトリザーバーと血液透析可能なAVシャントを付加したPCPS回路を作成し、7例に使用した(図1)。また、1998年以降循環補助中の体温調節可能な熱交換器付き膜型人

*東京女子医科大附属日本心臓血圧研究所循環器外科

表1 当科における PCPS 症例28例の患者背景と補助循環の結果 (1992年8月から1998年11月まで)

症例数	28例
年齢	20~78歳 (平均54.6歳)
性別	男:女=19例:9例
導入の原因	心原性ショックによる低心拍出量症候群 (LOS) : 14例 (50.0%) VT, Vf などの不整脈に対する救命的循環補助: 6例 (21.4%) PDA における待機的手術時の体外循環としての使用: 3例 (10.7%) 人工心肺離脱困難: 2例 (7.1%) 非開心術中ショックに対する救命的循環補助: 2例 (7.1%) 急性呼吸不全: 1例 (3.6%)
IABP	19例/28例 (67.9%)
補助循環時間	33分~256時間 (平均49.6時間) 6時間以上の長期補助循環症例: 20例/28例 (71.4%)
補助循環離脱	14例/28例 (50.0%)
生存退院	8例/28例 (28.5%)

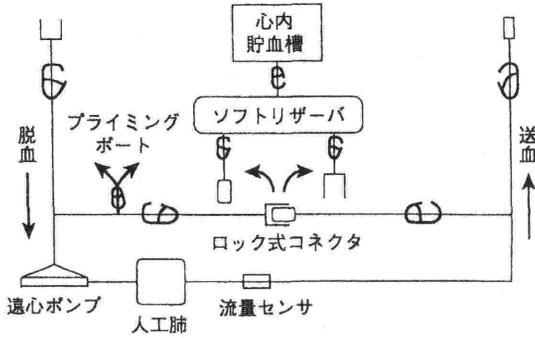


図1 AVシャントおよびソフトリザーバを付加したPCPS回路のシェーマ (文献⁸⁾より引用)

工肺 (図2) を付加した回路を作成し, PCPS による循環補助中の熱損失を抑え, 長期循環補助における体温調節, 体温維持を行い, 5例に使用した。

1998年以降, これらを組み合わせて表2のような4つのタイプ (①通常のシンプルなオリジナル EMERSAVE の PCPS 回路, ②熱交換器付き膜型人工肺のみ付加した PCPS 回路, ③ AV シャント及びソフトリザーバを付加した PCPS 回路, ④熱交換器付き膜型人工肺及び AV シャント・ソフトリザーバの両者を装備した PCPS 回路) の PCPS 回路を常備し, 病態に応じて回路を選択して使用した。

結 果

28例の補助循環時間は33分から256時間, 平均49.6時間で, 6時間以上の長期補助循環は28例中20例 (71.4%) であった。待機の定例手術に対する循環補助と術中ショックに対する短時間循環補助に対する6例では33分から96分, 平均72.5分, 他の長時間緊急 PCPS 症例22例では2時間から256時間, 平均60.8時間であった。28例中14例 (50.0%) が PCPS による補助循環より離脱し, 8例 (28.5%) が生存退院した (表1)。

1998年の一年間に周術期循環補助に対し8例に導入時あるいは循環補助中に予想される臨床状態に応じて, 前述した4つのタイプの PCPS 回路を使用した。

シンプルなオリジナル EMERSAVE を2例に使用し, 1例は MIDCAB 術中に血圧低下を来した症例に使用し, もう1例は MVR 術後 LOS にて超緊急で導入した症例に使用した。熱交換器付き膜型人工肺のみ付加した回路を3例に使用し, 1例は大動脈基部置換術後の人工心肺離脱困難例に対し BIVAD への移行過程で使用し, 1例は肺梗塞にてショック状態の患者に術前からそして緊急手術の体外循環として使用し, もう1例は DVR 術後 LOS になった症例に対して使用した。AV シャント及びソフトリザーバを付加した回路を全身の塞栓症を来した左房粘液腫にて緊急手術を行った1例に術前から術後まで使用した。熱交換器付き膜型人工肺及び AV シャント・ソフトリ

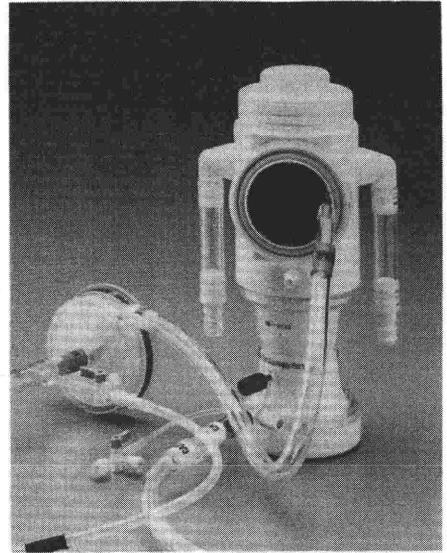
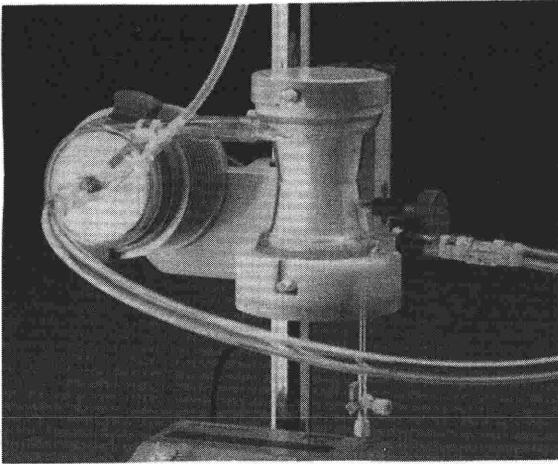


図2 従来の膜型人工肺（左側）と熱交換器付き膜型人工肺（右側）

表2 当科にて常備している4つのタイプのPCPS回路

Type	Reservoir	Heat exchanger	Priming volume
標準	(-)	(-)	470 ml
		(+)	580 ml
鈴木改良型	(+)	(-)	490 ml + Reservoir
		(+)	600 ml + Reservoir

ザーバーの両方を付加した回路を2例に使用し、1例は再冠動脈バイパス手術で左開胸下に行った症例での術中・術後に使用し、もう1例は冠動脈バイパス術後、胸骨固定術中に右室損傷を来した症例に短時間の補助を行った（表3）。

考 察

PCPSは最も強力な循環補助システムの一つとして心原性ショックや周術期循環補助、不整脈に対する救命的循環補助、呼吸不全に対して現在広く使用され、多くの救命例が報告されている^{1,2)}。PCPSは開胸せずに経皮的に導入できるという簡便性と、数分以内にセットアップできるという迅速性から、開心術後の心原性ショックに対する循

環補助だけでなく³⁾、非手術症例における緊急循環補助症例に対しても積極的に使用されている⁴⁾。さらに体外循環としての機能も備えており、胸部大動脈瘤手術などの補助手段としての使用も報告されている⁵⁾。

PCPS回路の利点としては、①短時間の導入、②準閉鎖回路、③ヘパリンコーティング回路の導入による循環補助中の出血の軽減⁶⁾などが挙げられる。一方、欠点あるいは問題点としては、①通常の体外循環と同等の循環補助中の急速大量輸液や薬物注入が困難、②ベントや吸引による出血の回収・再利用が不可能、③体循環血液量の管理が困難、④長時間補助における熱損失による体温低下、⑤大腿部挿入側の下肢虚血、⑥回路・人工肺交換時の一時的な循環停止などが挙げられる⁷⁾。これらの欠点を克服するために様々な工夫が確立され報告されている。大量輸液や手術中の出血の回収、体循環血液量の調節に対して、著者らはソフトリザーバーを付加したPCPS回路を独自に考案した。この回路は従来のPCPS回路にAVシャントを作成しそのシャントにワンタッチでソフトリザーバーを取り付けることができ、AVシャントの送血側及び脱血側をクランプすることにより体内へ急速にボリュームを送り込んだり、脱血したりすることが可能である。さらにこのAVシャ

表3 1998年にPCPS回路にて循環補助を行った8例に使用した回路と補助循環内容

症例	性	年齢	診断	導入原因	補助循環時間	熱交換器	リザーバー
1	男	74	不安定狭心症	MIDCAB 術中血圧低下	62分	(-)	(-)
2	男	68	僧帽弁閉鎖不全症	術後心原性ショック	167時間	(-)	(-)
3	男	31	Valsalva 洞瘤	人工心肺離脱困難	53時間	(+)	(-)
4	女	59	肺梗塞	心原性ショック	19時間	(+)	(-)
5	男	59	連合弁膜症	術後心原性ショック	40時間	(+)	(-)
6	男	26	左房粘液腫	心原性ショック	19時間	(-)	(+)
7	女	68	陳旧性心筋梗塞	人工心肺離脱困難	74時間	(+)	(+)
8	男	77	不安定狭心症	胸骨固定術中右室損傷	70分	(+)	(+)

ントを利用して血液透析を行うこともできる⁸⁾。この回路は当院の体外循環技師、鈴木により考案された回路で、通称“鈴木式改良型PCPS回路”と呼んでいる。また、補助循環中の熱損失による体温低下に対して熱交換器付き膜型人工肺を導入し、これによって開胸下での補助循環や定例の開心術における体外循環としての使用も可能である。回路や人工肺の交換に関しては、Y字型の回路にて補助循環を停止することなく人工肺を交換することが可能なPCPS回路も考案されている⁹⁾。下肢の虚血に関しては、山西ら¹⁰⁾の報告のようにカニューレ挿入側の大腿動脈の遠位側に向かって経皮的に18G留置針を穿刺し挿入するといった工夫が行われている。

これらの回路の工夫から著者らは4つのタイプのPCPS回路を常備し、導入時あるいは今後予想される臨床状態からPCPS回路を選択している。まず、短時間循環補助及び超緊急導入の場合は、priming volumeが少なく、最も短時間で導入できるシンプルなPCPS回路を選択する。長時間循環補助及び術前から心原性ショックで緊急手術の体外循環としての使用が予想される場合は、熱交換器付き膜型人工肺を付加した回路を使用し、循環補助中の体温の調節を行う。開心術後などで出血や大量輸液が予想される場合では、ソフトリザーバーを付加した回路を選択する。またショックによる急性腎不全によって十分な尿量が得られず、循環補助中に血液透析が必要な場合は、AVシャントを利用して血液透析を行う。このように従来のPCPSの利点を損ねることなく様々な病態に対応できるPCPSシステムを確立し、導入時及び将来予測される病態に応じた回路の選択を行う方針としている。

結 語

従来のPCPS回路にAVシャントやソフトリザーバーを付加した回路を使用し、循環補助中のバランス管理に有効であった。熱交換器付き膜型人工肺を使用し、長時間循環補助における体温調節に有効であった。循環血液量調節や体温調節可能な回路のスタンバイにより、病態に応じたPCPSシステムの選択が可能であった。

文 献

- Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, et al : Emergent applications of cardiopulmonary support: A multi-institutional experience. *Ann Thorac Surg* 54 : 699-704, 1992
- Overlie PA, Walter PD, Hurd II HP, et al : Emergency cardiopulmonary support with circulatory support devices. *Cardiology* 84 : 231-237, 1994
- 村上泰治, 吉田 浩, 石田敦久ら : 術後心不全に対する経皮的な心肺補助装置の使用経験. *人工臓器* 24(2) : 304-307, 1995
- 古川博史, 八田光弘, 小柳 仁ら : 非手術症例に対するPCPSによる長時間VAバイパスの適応と問題点. *人工臓器* 27(1) : 144-146, 1998
- Watanabe S, Hayashi K, Yamanishi H, et al : Use of percutaneous cardiopulmonary support system with rotary blood pump in graft replacement of the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Artificial Organs* 21(7) : 846-851, 1997
- Kawahito K, Ino T, Adachi T, et al : Heparin coated percutaneous cardiopulmonary support for the treatment of circulatory collapse after cardiac surgery. *ASAIO Journal* 40 : 972-976, 1994
- Ihno T, Nakagawa T, Furukawa H, et al : Various problems during long-term percutaneous cardiopulmonary support. *Artificial Organs* 21(7) : 766-771, 1997
- 西田 博, 遠藤真弘, 小柳 仁ら : 経皮的な心肺補助法 - 開心術後心不全 -. 秀潤社 : 51-58, 1998
- 後藤 瓦, 笹子佳門, 畑口吉弘 : ポンプ・人工肺交換時循環停止を伴わないECMO回路の試作. *人工臓器*

23(3) : 918-920, 1994

- 10) 山西秀樹, 渡辺 直, 林 和秀: 開心術後の体外循環
離脱困難症例に対する長時間 PCPS (経皮的補助循環

法) 使用における心嚢血腫確認の必要性和下肢虚血防
止の工夫 - 5 例の経験から - . 日胸外会誌 43 :
1783-1787, 1995

Clinical Experience of Percutaneous Cardiopulmonary Support System in Circulatory Failure

Hiroshi Furukawa*, Hiroshi Nishida*, Akihiko Kawai*, Shigeyuki Aomi*,
Mitsuhiro Hachida*, Masahiro Endo*, Hitoshi Koyanagi*

*Department of Cardiovascular Surgery, The Heart Institute of Japan,
Tokyo Women's Medical University, Tokyo, Japan.

We evaluated the clinical experience of PCPS in circulatory failure. Moreover, we prepared modified PCPS to expand its ability to identify a greater range of clinical conditions by utilizing the advantages of the original system. Twenty-eight patients (M:F=19:9, age 20~78 years, mean age 54.6 years) underwent PCPS in our institute from 1992 to 1998. The

circulatory support time was 33 minutes ~ 256 hours (mean: 49.6 hours). Fourteen patients (50.0%) were successfully weaned from PCPS and 8 patients (28.5%) were discharged. Our experience demonstrates that modifications of PCPS can expand the PCPS's ability to identify a greater range of clinical conditions.

Key Words : Percutaneous cardiopulmonary support system (PCPS), Artificial lung with heat exchanger, Soft reservoir with AV shunt, CAPIOX EBS (EMERSAVE), Cardiogenic shock

(Circ Cont 21 : 17~21, 2000)