

補 助 循 環

尾 本 良 三*

1. はじめに：補助循環とは

心不全の治療プログラムにおいて、補助循環が臨床的な役割をはたすのは、一般的にはきわめて特殊な状況であると云って良い。即ち、通常行なわれるあらゆる精力的な内科的治療によっても、なお、改善しえないような不全が対象になるものである。すなわち補助循環とは、強力な内科的治療にも抵抗するような重症な心臓性ショックの治療のために、一時的に心臓ポンプ作用の補助を機械的に行って心機能の回復を待つ方法である^{1,2)}。この場合、心臓性ショックを惹起する原因は、急性心筋梗塞や開心術後心不全などである。

研究的には従来から色々な方式が試みられてきたが、それは別として、今日の臨床で実施可能な最も実地的な補助循環の方式を簡単に表で示す(表1)。表1のうち、LA-A バイパスと LV-A バイパスは、むしろ“補助人工心臓”(left ventricular assist device, LVAD) と呼ばれるべきも

表1 機械的心機能補助の諸方式

- | |
|-------------------------|
| 1. 後負荷軽減 (カウンターパルセーション) |
| a. 大動脈内バルーンパンピング (IABP) |
| b. 下肢圧迫カウンターパルセーション |
| 2. 前負荷軽減 (部分的な循環のバイパス) |
| a. V-A バイパス (VAB) |
| b. LA-A バイパス (LAB) |
| c. LV-A バイパス |

V-A: veno-arterial, LA-A: left atrial-arterial, LV-A: left ventricular-arterial, IABP: intra-aortic balloon pumping

のである^{3~5)}。又、下肢圧迫カウンターパルセーションはあまり普及していない。このようにみると、臨床的な補助循環とき、大動脈内バルーンパンピング (IABP) と V-A バイパス (VAB), あるいは IABP+VAB ということになる。更に、実施が容易で、実際的という点から最も広く応用されているものは IABP のみということになる。最近では、Seldinger 法に準じた穿刺法による IABP 挿入法が普及して、一般的に IABP 使用の頻度が高まった。教室においても、現在のところ主として経皮的 IABP が使用されている。こうなると IABP は“内科的”な治療手段へ変貌したと云える。以下、本稿では IABP を中心に述べ、次いで VAB, IABP+VAB, そして LVAD についても言及される筈である。

2. 補助循環のメカニズム

IABP の原理は大腿動脈などの末梢動脈からバルーンつきカテーテルを左鎖骨下動脈直下にまで挿入し、心周期と同期をとりながら、拡張期にバルーンを拡張させ、収縮期の直前にバルーンを急速に収縮させて左心室圧を低下させるものである。図1のシェーマでは IABP と VAB をいっしょに示している(図1)。

この方法の補助のメカニズムは以下の4つにまとめることができる。

- ① 心臓仕事量の減少：心臓の圧仕事量は血液拍出に対抗する血圧(後負荷)と血流量の積分と定義されるが、IABP により心臓の圧仕事量の血圧成分が減少される。
- ② 心筋酸素消費量の減少：心筋酸素消費量の70%は圧仕事に費されるものと推定される。したがって、IABP による圧仕事量の減少は

*埼玉医科大学第1外科

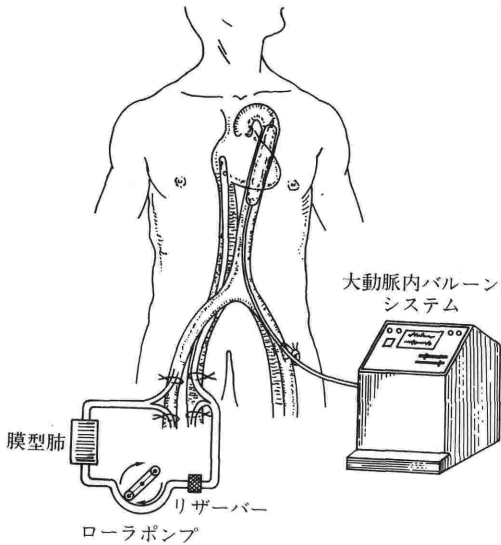


図1 補助循環のシエマ：IABP 及び VAB, 両者の併用もありうる。

心筋酸素消費量の減少に有効に働く。

- ③ 冠動脈血流量の増加：冠動脈血流量はその約2/3が拡張期に流れるので、大動脈基部の拡張期圧の上昇は冠動脈血流量を増加させる。
- ④ 拡張期圧上昇による平均大動脈圧の維持、従って臓器循環を改善させる。

これらの4つのメカニズムのうち、“後負荷の減少”と“拡張期圧の上昇”がもっとも重要な効果である。すなわち前者は心筋酸素需要を減少させ、後者は冠動脈血流量の増加による心筋への酸素供給を増加させて、結果において、心筋の酸素需給バランスを改善する。このようなメカニズムの説明からは、IABP は虚血性病変をベースにした病態にとくに有利のように思われる(図2)。しかし実際には、虚血性心疾患とは限らず、先天性心疾患でも後天性弁膜症でも、IABP はそのいずれにおいても十分に心臓ポンプ作用の補助効果

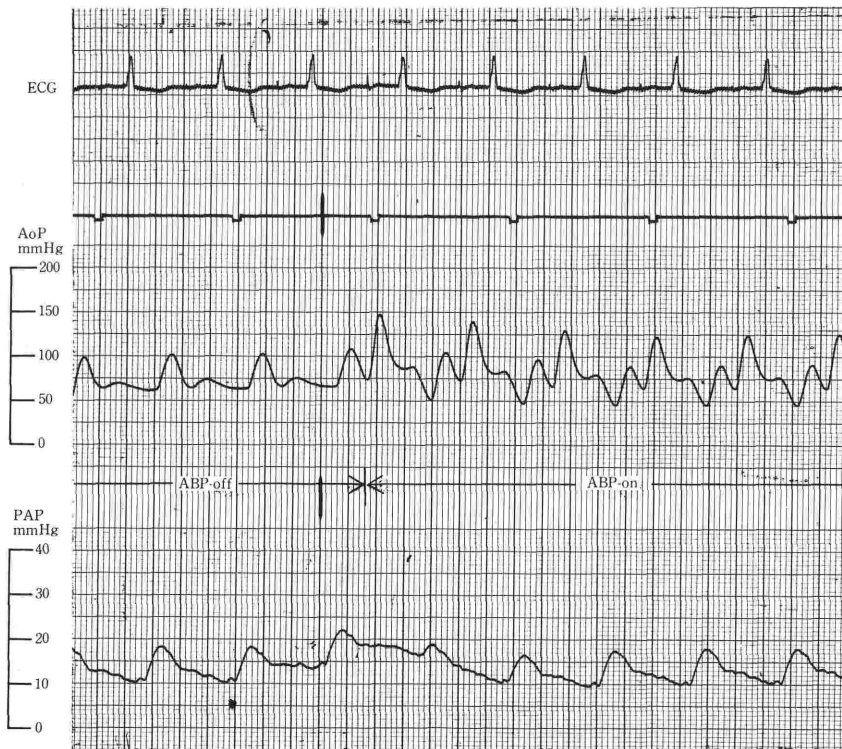


図2 IABP 実施記録

IABP-on とき、収縮期血圧が低下し、拡張期圧が低下し、拡張期圧が上昇して、その波形はさも収縮期と拡張期が逆転してみえる
(Aop: 大動脈圧, PAP: 肺動脈圧)

表2 IABP の適応

1. 急性心筋梗塞に続発する心臓性ショック
2. 人工心肺離脱困難
3. 切迫梗塞
4. 内科治療抵抗性の重症な心室性不整脈
5. ショックを伴わない急性心筋梗塞において“心筋梗塞領域の縮小”を目的
6. 重症心臓手術に対する術前より予防的使用
a. 重症な左室機能低下症例
b. 中等度の左室機能低下と虚血性心疾患または弁膜疾患との組合せ症例
c. 左冠動脈主幹部病変症例
d. 重症虚血性心疾患症例

を發揮する。IABP は選択的に拡張期にのみ大動脈基部血圧を上昇させるものがあるから、当然のことながら大動脈弁逆流は本法の禁忌となる。IABP 開発の当初は、その適応は、重症な心臓性ショックに限られていたが、今日では、やや適応は拡大されている。一般的な現在の IABP の適応を表2に示す(表2)。

VAB のメカニズムは、心臓に帰来する静脈血を部分的に体外循環させて動脈系に戻すものであって、補助のメカニズムからは表1で示したように“前負荷の軽減”に入る(図1, 3)。このVAB は、心臓手術のための人工心肺の延長と考えることもできるものであって、心臓外科医にとってはもっとも実際の、また容易に実施しうるものである。

一方、VAB は、左房脱血である LA-A バイパス(LAB)と比較して“前負荷の軽減”が弱い。LAB をローラーポンプでなくて、他の空気圧利用などの、device によるとき前述のように LVAD と呼ばれることが多い。

VAB は、IABP が効果のないような一層重症な心不全が適応となる。このような場合、実際は IABP+VAB という形で実施されることが多い。補助循環を IABP から、より強力なステップに進むと考えると以下のように整理される。

- ① IABP
- ② IABP+VAB (又は VAB 単独)。
- ③ LAB (又は LVAD)。

更に、理論的には

- ④ 完全人工心臓
- ⑤ 心臓移植

という考え方もありうる。

3. 補助循環施行の実際

IABP は従来から局所麻酔下で、大腿動脈に端側で径 8 mm または 10 mm のウーブンテフロン代用血管を縫合し、これを通してバルーンを左鎖骨下動脈直下にまで挿入する方法が行われる。前述のように最近では IABP 穿刺法が普及しており IABP は“外科”から“内科”に移った(図4)。バルーン挿入時、全身ヘパリン化(1 mg/kg)を行ない、そのあとはヘパリンの追加は不要である。IABP の使用が48時間をこえると動脈閉塞などの合併症の頻度が高くなるので、状態の改善をみたならば、そしてもし可能ならばカテコラミンとの置換を48時間前後で計画することが望ましい。

VAB の実施のためにアクセスとして大腿動脈および静脈がもっとも普通に使用される。カニューレは成人の場合、通常的心臓手術で行われる体外循環用の動脈・静脈カニューレが用いられる。静脈カニューレはその先端が下大静脈から右房に到達するくらいに深く挿入する。もし、28~30 F サイズのカニューレが入れば 1,500~1,800

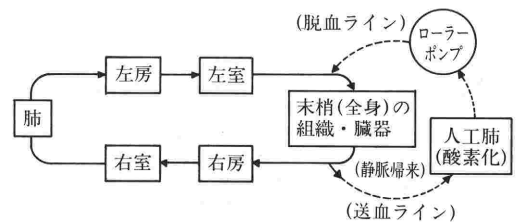


図3 VAB のメカニズム

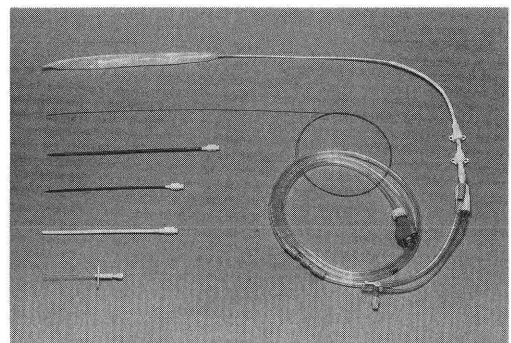


図4 径皮 IABP セット

上からバルーン、J型ガイドワイヤー、動脈穿刺に使用する各種ダイレーター・シース・穿刺針。

ml/min の脱血は可能である。動脈カニューレは中枢側16~17F程度で十分である。末梢側は静脈、動脈ともに小さいサイズのもの(例:静脈側18F, 動脈側12F)でよい。ヘパリンの追加は繰り返すACTの測定によって、ていねいにコントロールされる。

4. 補助循環の成績

埼玉医科大学 ICU における最近6年間のIABP 単独施行症例は146例である(表3)。なおこの数値には心臓外科症例のほかに循環器内科における使用例がすべて含まれている。急性心筋梗塞と虚血性心疾患と合わせて全体の83%を占めており弁膜症はわずか11.6%に過ぎない。当施設でのIABP 適応は主として心臓性ショックであり予防的使用はきわめて少数例である。146例のうち最近2年間の66例について更に詳細に検討した

表3 IABP 施行症例
n=146例 (1981.7~1987.5)

疾患	n	%
急性心筋梗塞	75	51.4
虚血性心疾患	46	31.5
弁膜症	17	11.6
先天性心疾患	4	2.7
その他	4	2.7
(計)	146	100

ものが表4, 5, 6に示されている(表4~6)。IABP 使用症例の全体としての死亡率は66例中28例で42%である。19例がIABP 離脱不能のままの死亡であるが、これはIABP 全体の28.8%、死亡例中の38%に相当する。このIABP 離脱不能の19例のすべてがballoon-depend というわけではない。IABP の成績と補助時間の関係は表5, 6に示されている。IABP 離脱症例47例のうちの85%が72時間以内のサポートで離脱に成功しているのに対して、IABP 離脱不能症例19例のうちの68%が72時間以内に死亡している。死因は急激なポンプ不全の進行、不整脈、中枢神経障害、多臓器不全などである。72時間以上のIABP サポートで再々の離脱の試みにもかかわらずなお離脱不能であった6例が長時間補助下balloon-depend⁶⁾に相当する。このグループでは最大504時のIABP バルーンの挿入が行なわれた。IABP サポートのまま心臓手術を遂行し、術後に離脱したものは表5, 6ではIABP 離脱に含まれている。このような症例は、もし心臓手術がなければballon-depend になっていた可能性が高い。

IABP 単独で効果が見られず、次のステップの補助循環を施行したグループの成績はきわめて不良である(表7)。これら20例のうち補助循環よりの離脱が可能であったのは8例(40%)であるが最終的な生存を得たものは症例2, 18の2例(10%)のみである。著者らのIABP 単独では反

表4 IABP の成績
n=66例 (1985.4~1987.5)

	IABP 離脱後 生存	IABP 離脱後 死亡	IABP 離脱不能 (死亡)	
急性心筋梗塞	22	5	14	42
虚血性心疾患	18	1	2	16
弁膜症	8	3	2	8
その他			1	1
	38	9	19	68

表5 IABP の成績と補助時間
n=66例 (1985.4~1987.5)

		IABP 補助 時間	(平均時間)
IABP 離脱後, 生存	33/66 (57.6%)	7-134	(51)
IABP 離脱後, 死亡	9/66 (13.6%)	3-130	(54)
IABP 離脱不能 (死亡)	19/66 (28.8%)	5-504	(71)

表6 IABP の成績と補助時間の分析
n = 66例 (1985.4~1987.5)

IABP 補助時間	<24	24~48	48~72	72~96	96<	合計
症例数	18	19	21	4	9	66
IABP 離脱	6/13 (46.2)	16/19 (84.2)	18/21 (86.7)	2/4 (50)	5/0 (55.6)	47
IABP 離脱後 生存	4/13 (90.8)	14/19 (73.7)	14/21 (66.7)	3/4 (50)	4/0 (44.4)	38
IABP 離脱後 死亡	3/13 (15.4)	2/10 (10.5)	4/21 (19)	0	1/9 (11.1)	9
IABP 離脱不能 (死亡)	7/18 (58.8)	3/19 (15.8)	3/21 (14.3)	2/4 (50)	4/9 (44.4)	19

表7 IABP 単独を除く補助循環症例
(1983.9~1987.5)

Case	Diagnosis	Indication	Bypass time	Weaning	Cause of death
(VAB)					
1. 5 Y M	DORV	LOS	115 hr.	Yes	MOF
2. 54 Y M	ARDS, cor pulmonale	Resp. failure	24 hr.	Yes	Active
3. 1 Y M	IE (VSD+DC RV)	Shoch	41 hr.	No	
4. 2 Y M	cor triatrium	LOS	64 hr.	Yes	MOF
5. 56 Y M	cardiac rupture	Shock	24 hr.	No	
6. 50 Y M	ARDS	Resp. failure	72 hr.	No	
7. 1 Y F	VSD+PH	LOS	12 hr.	No	
(VAB+IABP)					
8. 59 Y F	MS·MR+AR+TR	LOS	57 hr.	No	
9. 62 Y M	AMI	Schock	63 hr.		LOS
10. 20 Y M	AMI	Schock	13 hr.	No	
11. 45 Y F	AMI spasm	LOS	21 hr.+15 hr.	Yes	Arrhythmia
12. 51 Y M	AMI	LOS	28 hr.	No	
13. 66 Y F	AS·AR+MS·MR+TR	Shock	34 hr.	No	
14. 52 Y M	AMI spasm	LOS	36 hr.	Yes	Arrhythmia
15. 48 Y M	AMI	Shock	4 hr.	No	
16. 69 Y M	AMI	Shock	3 hr.	No	
17. 49 Y M	IHD	LOS	8 hr.	Yes	Brai death
18. 58 Y M	MS+IHD	LOS	2 hr.	Yes	Alive
(LVAD+IABP)					
19. 57 Y M	AMI+VSR	LOS	11 day	No	MOF
(VAB+IABP+LVAD)					
20. 58 Y M	IHD	LOS	17 hr. (VAB) 48 hr. (VAB+LV AD)	No	

応せず VAB を併用した症例 (VAB+IABP) の成績は表7で示した通り不良であったが、一方、井野らは13例の開心術後の重症な心臓性ショックに対して、VAB (多くは IABP との併用) を施行

し6例の生存を得ている⁷⁾。このような好成績の報告もあるが、たいていは著者らと同様にその最終的な成績が不良であることは否定できない。著者らの LVAD (症例19, 20) の成績は不良である

が、全国には10~20%の生存が報告されつつあるので、今後の成績向上が見込まれている。

5. おわりに

IABP は手技の容易さと効果の大きさからきわめて、実用的な補助循環の手技である。内外の心臓病センターでは必ず IABP が用意されていると云って良い。しかし、一方、IABP 単独で全身の循環が維持されないほどの心臓性ショックが重症であるときや、あるいは IABP の補助が有効であっても IABP からの離脱が出来ないとき (IABP depend) の対策は容易ではない。前者ではより強力な補助手段が試みられるのが普通であるが、その予後は一般的には不良である。今日までの経験から云えることは、もし良い結果を望むならば、IABP 単独から次のステップ (例えば LVAD) への移行を“遅すぎない”ようにと云うことが考えられる。将来は、治療プログラムの上で完全人工心臓や心臓移植が考慮される可能性がある。

IABP から離脱出来ない balloon-depend では、もし graftable な冠動脈があるならば緊急冠動脈バイパス手術を計画して良いと考えられる⁸⁾。

補助手段の選択とより強力な補助手段への移行に関して、又急性期心臓手術の適応と成績の向上に関して、今日なお一層検討すべき問題を多く残している。

文 献

- 1) 尾本良三：補助循環法，現代外科手術大系，第9巻 A，215~242，中山書店，東京，1981
- 2) 尾本良三：補助循環 (IABP, V-A バイパス)，体外循環と補助循環，145-153，日本人工臓器学会，1987。
- 3) Rose, D. M., Colvin, S. B., Culliford, A. T., Cunningham, J. N., Adams, P. X., Glassman, E., Ison, O. W., Spencer, F. C.: Long-term survival with partial left heart bypass following perioperative myocardial infarction and shock, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 83, 483-492, 1982.
- 4) Schoen, F. J., Palmen, D. C., Bernhard, W. F., Pennington, D. G., Hautenschild, C. C., Ratliff, N. B., Berger, R. L., Golding, L. R., Watson: Clinical temporary ventricular assist, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 92, 1071-1081, 1986.
- 5) Pae, W. E., Pierce, W. S., Pennock, J. L., Campbell, D. B., Waldhausen, J. A.: Long-term results of ventricular assist pumping in postcardiotomy cardiogenic shock, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 93, 434-441, 1987.
- 6) Leinbach, R. C., Dinsmore, R. E., Mundth, E. D., Buckley, M. J., Dunkman, W. B., Austen, W. G. & Sanders, C. A.: Selective coronary and left ventricular cineangiography during intraaortic balloon pumping for cardiogenic shock, *Circulation* 45: 845 (1972)
- 7) Ino, T., Wanibuchi, Y., Furuta, S.: Prolonged veno-arterial bypass with membrane oxygenator for profound cardiogenic shock following cardiac surgery, *Japanese Circulation J.*, 48:295-301, 1984.
- 8) 許 俊鋭，尾本良三，高本眞一，横手祐二，上田恵介，山中英雄，田村文彦：LVAD 早期適応の必要性について，*臨床胸部外科*，6，230-232，1986。