

CABG 中の SWAN-GANZ カテーテルの先進

—心臓の前方への翻転との関係—

鈴木利保* 杵淵嘉夫* 竹山和秀*
滝口 守* 山崎陽之介* 山本道雄*

要 旨

冠動脈バイパス (CABG) 手術の中で、心臓の後側に手術操作を加えるために、心臓を翻転、挙上する必要のある例では、その操作のために、Swan-Ganz カテーテル (以下 PAC) の先端が先進しやすいと考えて、過去32例の CABG 例で、非挙上例10例と翻転挙上例22例と PAC の先進の程度を比較した。翻転操作が必要なのは、左回旋枝 (鈍角枝、後側壁枝)、右冠動脈 (後下行枝) へのバイパスを行なう例で、吻合のためと心拍を再開後止血を確認するために再度の翻転が必要である。翻転の必要のない左前下行枝や対角枝へのバイパス例に比べ、3 cm 以上の先進をしているものの頻度が高く68%で、そのうち41%が true wedge 状態であった。特に、cardioplegia を解除後に頻回に翻転した4例は、全例で true wedge 状態であった。人工心肺で PAC の先進が起こるのは虚脱によると考えられているが、我々の結果から前方への翻転も大きな要因であると信ずる。このような例では、頻回のX線チェックが必要で、先進が認められた時は PAC を無菌的に出し入れできるスリーブの使用が望ましい。

はじめに

Swan-Ganz カテーテル (PAC) は、挿入後に先進することが指摘されているが、特に人工心肺使用例ではその頻度が多く肺動脈損傷や肺梗塞の危険性が指摘されている¹⁾²⁾。カテーテルの先進は人工心肺中の急激な脱血による虚脱で、PAC 挿入

時に作られた撓みが取れるために起こるとされるが²⁾、心臓の操作³⁾、心機能の変化、PAC 自身の物理的な特性による影響⁴⁾も無視できないと思われる。冠動脈バイパス例では、右冠動脈の末梢 (後下行枝) や回旋枝領域 (鈍角枝、後側壁枝) への吻合時に、しばしば心臓を大きく翻転、挙上し、cardioplegia を解除後も止血の確認のために再度翻転することが多く、翻転操作を必要としない前下行枝や対角枝へのバイパスとの間に先進の程度や頻度に差異が見られると思われる。これらが明らかになれば、肺動脈損傷、肺梗塞などの合併症の予防の一助になると考え、左前下行枝、対角枝のみのバイパス術群と回旋枝、右冠動脈バイパスを含む例の PAC の先進の程度の差異とこれらに影響を与える諸因子について検討を加えた。

対象と方法

冠動脈バイパス術を施行した32人を対象とした。2つの群に分け第1群は、左前下行枝のみあるいは左前下行枝+対角枝のバイパス例 (10例)、第2群は左前下行枝+回旋枝 (対角枝、鈍角枝、後側壁枝)+右冠動脈 (後下行枝) へのバイパス群 (22例) とした。2群では心臓の後側に手術操作を加えるために、心臓の前方への翻転、挙上を必要とし、脱転時間、および大動脈遮断解除後の脱転回数を記録した (表1)。局麻下で橈骨動脈に動脈ラインを確保後、酸素 6 L、フェンタニール 30 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 、ジアゼパム 2.5~5 mg で入眠させ、ベクロニウムを 8 mg およびリドカイン 60 mg を静注5分後に挿管した。PAC の挿入は導入後、central route⁵⁾により右内頸静脈から挿

*東海大学医学部麻酔科学教室

表 1

	年齢	病変部位	バイパス数	心肺時間	脱転時間	回数	先進の程度	TW
1.	69	D1, OM	2	52分	20分	1回	(+)	-
2.	62	LAD, OM	2	116分	50分	1回	(±)	-
3.	53	LAD, PL	3	153分	100分	*3回	(2+)	+
		PDA						
4.	51	LAD, PDA	2	99分	50分	2回	(2+)	+
5.	66	LAD, D2	4	161分	70分	2回	(±)	-
		RPD, LCX						
6.	66	LAD, RPD	2	89分	40分	1回	(±)	-
7.	70	LAD, D1	3	108分	45分	2回	(2+)	+
		RPD						
8.	54	LAD, D1	4	90分	60分	*3回	(2+)	+
		OM, RPD						
9.	60	LAD, RPD	2	120分	60分	*4回	(2+)	+
10.	70	LAD, RPD	2	180分	70分	1回	(±)	-
11.	73	LAD, D1	4	90分	50分	2回	(2+)	+
		OM, RPD						
12.	62	LAD, OM	4	110分	76分	2回	(+)	-
		PL, PPD						
13.	71	LAD, D1	4	116分	65分	2回	(±)	-
		OM, RPD						
14.	66	LAD, Om	3	152分	120分	*4回	(2+)	+
		RPD						
15.	69	LAD, PPD	2	126分	80分	1回	(±)	-
16.	72	LAD, LCX	3	120分	100分	2回	(2+)	+
		RPD						
17.	69	LAD, OM	2	131分	60分	1回	(±)	-
18.	63	LAD, PL	3	92分	60分	2回	(2+)	-
19.	54	D1, PL	3	78分	50分	2回	(+)	-
		RPD						
20.	71	LAD, OM	3	141分	110分	2回	(2+)	+
		RPD						
21.	53	LAD, D1	3	157分	40分	2回	(+)	-
		OM						
22.	70	LAD, D1	4	125分	50分	2回	(+)	-
		OM, PL						
23.	48	LAD, D2	1	62分	0分	0回	(±)	-
24.	62	LAD	1	53分	0分	0回	(±)	-
25.	57	LAD	1	64分	0分	0回	(+)	-
26.	65	LAD, D2	2	72分	0分	0回	(±)	-
27.	62	LAD	1	40分	0分	0回	(±)	-
28.	57	LAD, D1	2	70分	0分	0回	(±)	-
29.	55	LAD	1	35分	0分	0回	(±)	-
30.	60	LAD, D1	2	80分	0分	0回	(+)	-
31.	63	LAD	1	45分	0分	0回	(±)	-
32.	62	LAD, D1	2	65分	0分	0回	(±)	-

LAD: 前下行枝, D1: 第1対角枝, D2: 第2対角枝, LCX: 回旋枝, OM: 鈍角枝, PL: 後側壁枝, RPD: 右優位の場合の後下行枝, TW: True Wedge

先進の程度 ±: 3 cm 以内, +: 3 cm 以上, 2+: 5 cm 以上

入した。PAC はスペクトラメッド社製 (SP 1107m) を使用した。右室圧を確認したところでいったん前進を止め、三尖弁の手前まで戻し、再度入れ直して右室波形の得られる最短の距離を測定した。さらに PAC を進めて肺動脈楔入圧を得た点が右肺動脈の中樞に位置するように操作した。挿入後胸部 X 線前後像で先進の程度と、true wedge (バルーンを膨らませなくて肺動脈楔入圧が得られる) の有無を判定した。循環系のパラメータとして手術開始前、心膜切開後、閉胸後に、心拍数 (HR)、平均動脈圧 (MAP)、平均肺動脈圧 (PAP)、中心静脈圧 (CVP)、肺動脈楔入圧 (PCWP)、心拍出量 (CO) を測定した。PCWP の測定は上記の 3 回の測定以外はバルーンを膨張させず、PA の拡張期圧を PCWP の目安にした。閉胸後再度胸部 X 線前後像を撮影しカテーテルの先進の程度を調べた。なお人工心肺の送血は全例大腿動脈を用い脱血は上大静脈と下大静脈からとし、人工心肺の流量は 50~60 ml/kg であった。術後低心拍出量状態となり、大動脈バルーンパンピングを必要とした例は対象から除外した。

結 果

両群間の年齢、身長、体重に有意差は認めなかった (表 2)。右内頸静脈から右室圧、肺動脈楔入圧を得るまでの距離にも両群間に有意差を認めなかった (表 3)。術後のカテーテル先端の末梢への位置関係を表 4 に示す。第 1 群では 3 cm 以

表 2 背景因子

	第一群	第二群
症例数	10	22
性別	男 8 女 2	男 16 女 6
年齢	59.1±5.0	64.3±7.2
身長 (cm)	161.7±6.0	158.4±7.7
体重 (kg)	56.5±6.3	58.3±11.2

平均±標準偏差

表 3 右内頸静脈よりの刺入距離 (cm) (平均±標準偏差)

	右室	肺動脈楔入圧
第 1 群 (n=10)	24.5±1.7	43.2±2.4
第 2 群 (n=22)	24.8±1.5	43.6±2.3

表 4 PAC のカテ先の経時的移動

	3 cm 以内	3 cm 以上	True Wedge
第 1 群 (N=10)	8 (80%)	2 (20%)	0 (0%)
第 2 群 (N=22)	7 (32%)	15 (68%)	9 (41%)
翻転頻回例 (N=4)	0 (0%)	4 (100%)	4 (100%)

翻転操作を必要としない 1 群では 3 cm 以上の先進例が 20%、true wedge 例はなかったのに対する翻転操作を必要とする 2 群では 3 cm 以上の先進例が 68% と頻度が多く、41% で true wedge 状態であった。頻回に翻転を繰り返した例では全例 true wedge となった。

内の先進例は 80%、3 cm 以上の先進例は 20%、true wedge を示したものはなかった。翻転操作を必要とする第 2 群では 3 cm 以上の先進をしているものは 68% にもなり、41% が true wedge を来していた。また cardioplegia を解除後に、止血目的で頻回に翻転、挙上した 4 例 (翻転頻回例) では、全例 true wedge を来していた。各循環動態を表 5 に示す。1 群、2 群とも各パラメータに有意差は認められなかった。両群とも術前と比較して手術終了後の心拍数、心係数に有意な上昇を認めた ($p < 0.05$)。人工心肺開始前に徐脈傾向なのは、前投薬として投与したスコポラミン、およびフェンタニル、ベクロニウムの影響と考える。またバイパス後頻脈と心係数の増加は、心機能の改善とカテコールアミンによる影響と考えられる。考察：死亡率 50% といわれる肺動脈損傷の約 1/3 は人工心肺例で起こるといわれている⁶⁾。高齢、肺高血圧、抗凝固薬の使用歴など患者側の危険因子もあるが、最大の原因は人工心肺による急激な心容積の減少から PAC 挿入時に作られた撓み量に変化して末梢に先進しバルーンを膨張させた際に肺動脈損傷を起こすため²⁾、その他心腔内の操作¹⁾³⁾、人工心肺離脱後の心機能の改善や頻脈、右心房内に挿入された脱血カテーテルによる圧迫により PAC の先端の位置は極めて不安定となる。そのために人工心肺開始前に PAC を 2~5 cm 引抜き、人工心肺終了後に再挿入すべきであるとの報告や⁷⁾⁸⁾ 肺動脈弁を越えて 5 cm 以上は進めるべきでないとする報告がある¹⁾¹⁰⁾。Johnston らは⁸⁾ 冠動脈バイパス例に右内頸静脈

表5 CABG 中の循環動態 (平均±標準偏差)

第1群 (n=10)			
	手術前	心膜切開後	手術終了後
HR (beats/min)	58.7±8.9	73.5±14.3	*101.1± 5.5
MAP (mmHg)	89.8±6.8	77.7±13.2	75.1±20.2
CVP (mmHg)	9.4±1.9	7.4± 1.4	6.3± 1.4
PAP (mmHg)	14.7±3.1	14.9± 1.6	16.5± 3.7
PCWP (mmHg)	7.9±1.3	7.6± 2.2	7.3± 2.6
CI (l/min/m ²)	2.5±0.3	2.7± 0.3	*3.1± 0.5
第2群 (n=22)			
	手術前	心膜切開後	手術終了後
HR (beats/min)	55.5±7.3	91.3±14.4	*98.0±13.8
MAP (mmHg)	91.0±9.5	64.1±10.2	73.1± 9.7
CVP (mmHg)	7.2±3.1	6.7± 2.0	6.3± 2.4
PAP (mmHg)	15.0±4.3	14.1± 3.8	15.0± 2.8
PCWP (mmHg)	9.6±3.6	8.8± 3.1	8.7± 2.8
CI (l/min/m ²)	2.3±0.5	2.4± 0.4	*3.1± 0.8

*は術前値に対して有意差 (p<0.05) のあることを示す。

両群とも手術終了後の心拍数, 心係数に有意な上昇を認めた。

より PAC を挿入し, 心肺開始前に 5 cm 引抜いた例と引抜かなかった例の比較を行ない, 引抜かなかった例の11例中7例がパーマネントウエッジとなり, PAC の引抜きは肺動脈損傷防止の有用な手段であると報告している。また彼は経時的に胸部X線を撮影し人工心肺中が最もカテーテルの先進が大きく, 心臓の回転によってそれ以上の先進は起こらないとし, 我々と異なった結果を示している。我々の結果では, 非回転例では true wedge を示した症例はなく, バイパスの部位, 心停止時や cardioplegia を解除後の心臓の回転, 挙上の有無が問題になると思われる。人工心肺開始前に PAC を引抜きすぎて肺動脈楔入圧が得られなかったり, 右室圧波形となることもあるので, 引抜きの有無や長さを検討する必要もある。先進の判定は縦隔から何 cm 伸びたかを胸部X線前後像のみで判定した。しかし伸びは撓み量として3次元的に表されるので, 正面像で先進していなくても, 側面像で先進している例も在りえるが我々の症例では, 正面像で 3 cm 以内の先進に止まった例では, true wedge を示した例はなかった。今回の経験から冠動脈バイパス例では先進の程度は冠動脈のどの部位にバイパスするかが問題となる。当院では右冠動脈狭窄例の場合, 後下行枝 (segment 4) にバイパスしているので, 全例心尖

部を前方に挙上し大きく回転している (図1)。segment 2, 3, へのバイパスであれば, 程度は軽く, PAC の先進も軽度であろうと思われる。左冠動脈のバイパスでは, 前下行枝, 対角枝では回転操作を必要としないが, 回旋枝領域なかでも左室の後壁, 側壁に分布する後側壁枝, 鈍角枝へのバイパス例では前側方への回転が必要である。また右冠動脈, 左回旋枝のバイパス群では cardioplegia 解除後も止血の確認目的で再三回転することが多く, 頻回に回転した例で高率に true wedge を示したことから, これらの操作が先進に大きく影響を与えていると思われる。今回の結果から回転する必要のない左前下行枝, 対角枝のバイパス例では true wedge となる頻度も少ないのでカテーテルを引抜く必要はないが, 回転を必要とする回旋枝, 右冠動脈後角枝へのバイパス例では, PAC の先進の比較的少ない右内頸静脈からでもあらかじめ 3 cm 程度は引抜き抜いたほうが良いと思われる。また挿入距離が長かったり, 挿入時右房, 右室内のカテーテルループが大きいと先進しやすいとされるが, 我々の症例では, 他の報告のそれと有意差はなくループ形成例はなかった。弁置換術など直接心腔内の PAC を引抜いたり押込んだりする可能性のある例や, 尺側皮静脈, 大腿静脈からの挿入例では先進の程度を予想

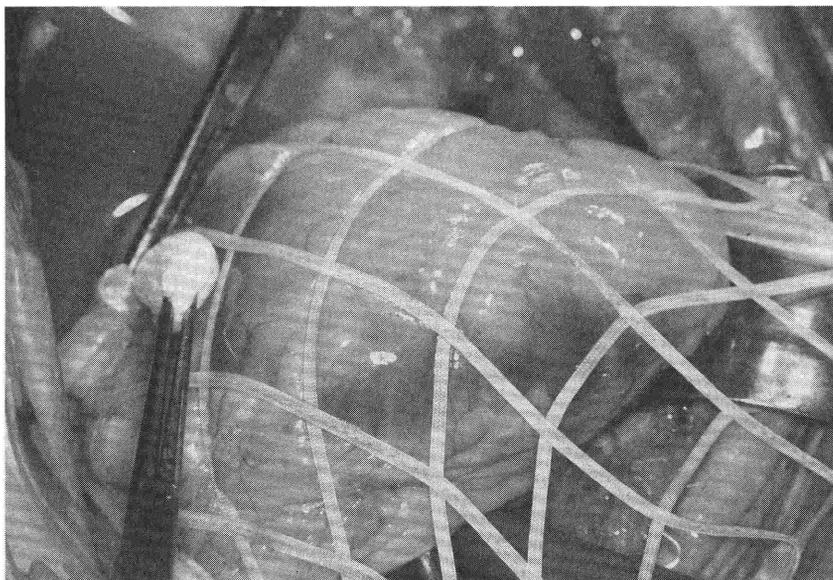


図1 心臓の回転（心尖部を前方へ挙上し回転している。）

できないので、人工心肺離脱後に胸部X線撮影でカテ先端の位置を確認する必要がある。また頻回のバルーンの膨張もカテ先を先進させ、特に肺高血圧症例で顕著であるとの報告があるので注意が必要である⁹⁾。PAC の材質や形状による伸びや撓みを比較した報告では、円形なルーメンを有するPAC は扇型のルーメンに比べ線膨張率が小さく（伸びにくい）、方向による撓みが小さく安定性に優れているとされている¹¹⁾。我々の使用したPAC は円形のルーメンを有し、線膨張率も小さくPAC 自身の体内での伸びはほとんど無視できると思われる。最近合併症防止のためにPAC に様々な工夫がされている。挿入後PAC を introducer を通して清潔に出し入れできるスリーブは先進したPAC を引戻したり、引抜きすぎたPAC を進めることができ便利である¹²⁾¹³⁾。先端から10 cm の右室圧測定用ルーメンから導出される右室波形が先進により肺動脈圧波形に変化することで、X線撮影をせずに先進を確認できるPAC¹⁴⁾ やバルーンの膨張による肺動脈損傷を防ぐために、肺動脈血管内壁への過剰圧を吸収しバルーン内の最大膨張圧が600 mmHg 以上にならないように工夫されたPAC が考案されている。この様に人工心肺例では様々な要因で、カテ先が先進しやすくなっているため、肺動脈損傷、肺梗塞などの重篤な合併症を未然に防ぐ努力が必要で

ある。

文 献

- 1) Barash, P. G., Nardi, D., Hammond, G., et al.: Catheter-induced pulmonary artery perforation. Mechanism, management, and modification. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82:5-12, 1981.
- 2) Boyd, K. D., Thomas, S. J., Gold, J., Boyd, A. D.: A prospective study of pulmonary artery catheterizations in 500 consecutive patients. *Chest* 84:245-249, 1983.
- 3) McDaniel, D. D., Stone, J. G., Faltas, A. N. et al.: Catheter-induced pulmonary artery hemorrhage. Diagnosis and management in cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 82:1-4, 1981.
- 4) 鈴木利保, 杵淵嘉夫, 三浦正明他: Swan-Ganz カテーテル挿入の長さおよび留置したカテーテル先端の移動. *循環制御* 11: 485-488, 1990.
- 5) Kaplan, J. A., Miller, E. D.: Internal jugular vein catheterization. *Anesthesiol Rev* May :21-23, 1976.
- 6) Chan, G. M., H. Ellestedt, M. H.: Perforation of the pulmonary artery by a Swan-Ganz catheter. *N Engl J Med* 284:1041-1042, 1971.
- 7) Muller, B. J., Gallucci, A.: Pulmonary artery catheter induced pulmonary artery rupture in patients undergoing cardiac surgery. *Can Anaesth Soc J* 32:258-264, 1985.
- 8) Johnston, W. E., Royster, R. L., Choplin, R. H. et al.: Pulmonary artery migration during cardiac surgery. *Anesthesiology* 64:258-262, 1986.
- 9) Johnston, W. E., Royster, R. L.: Influence of balloon inflation and deflation on location of pulmonary artery catheter tip. *Anesthesiology*

- 67:110-115, 1987.
- 10) Kelly, T. F., Morris, C., Crawford, E. S., et al.: Perforation of the pulmonary artery with Swan-Ganz catheter. Diagnosis and surgical management. *Ann Surg* 193:686-692, 1981.
 - 11) 鈴木利保, 杵淵嘉夫, 竹山和秀他: PAC の物理的特性と使いやすさとの関係. *循環制御* 13: 83-88, 1992.
 - 12) Kaieda, R.: Pulmonary artery catheter sleeves. *Anesthesiology Review* 17:55-58, 1990.
 - 13) Kopman, E. A., Sandza, J. G.: Manipulation of pulmonary-artery catheter after placement. *Anesthesiology* 48:373-374, 1978.
 - 14) Santora, T. S., Ganz, W., Gold, J. et al.: New method for monitoring Pulmonary catheter location. *Critical Care Medicine* 19:422-426, 1991.

Swan-Ganz catheter migration during CABG surgery by anterior retraction of the heart

Toshiyasu Suzuki, Yoshio Kinefuchi, Kazuhide Takeyama
Mamoru Takiguchi, Yonosuke Yamasaki and Michio Yamamoto

Department of Anesthesiology, School of Medicine, TOKAI University

We postulate that Swan-Ganz catheter would be nudged forward during surgical maneuver which involves anterior retraction of the heart to obtain a good surgical exposure of the posterior aspect. We studied the migration of catheter by post operative chest X-rays in 22 patients undergoing CABG surgery. Anterior retraction was necessary in those cases where left circumflex and right coronary arteries were involved (group 1) whereas the heart was left undisturbed in those cases where the whole surgical procedure could be carried out on the anterior aspect (left anterior descending and diagonal arteries: group 2, 10 patients). In 68% of the cases in the first group the catheter was found to have advanced more than 3 cm

further into the pulmonary artery and incidence of persistent wedging was 41%, while in the latter group the incidence were 20% and zero, respectively. In all the four patients in the first group who underwent repeated retractions to secure hemostasis on the posterior aspect of the heart, the catheter was wedged persistently. Although the migration of the Swan-Ganz catheter in these cases has generally been attributed to collapse of the heart during CP bypass, vigorous manipulation of the heart with multiple anterior retractions may be just as commonly responsible. Repeated X-ray checks should facilitate an early diagnosis and prompt adjustment of the catheter positioning.