

原著

体外循環前後における左心機能および右心機能の変化

——経食道心エコーと右室駆出率測定用

スワングアンツカテータル併用の有用性——

近藤 泉* 野村 実* 吉田 啓子*
 長沢 千奈美* 杉野 芳美* 内田 桂子*
 芦刈 英理* 岩出 宗代* 白井 希明*
 藤田 昌雄* 鈴木 英弘*

要 旨

僧帽弁疾患および冠動脈疾患患者の開心術において、経食道エコーと右室駆出率スワングアンツカテータルの併用により術中心機能評価を行なった。

体外循環前後を比較すると、僧帽弁疾患では、体外循環後に、左室駆出率や左室拡張末期容積に有意な変化なく、平均肺動脈圧、右室拡張末期容積は有意に低下し、右室駆出率、心係数は有意に増加した。つまり、僧帽弁置換術後は、左心機能は維持され、右心機能が有意に改善された。一方、冠動脈疾患では、体外循環後、左室駆出率は変化なく、左室拡張末期容積に軽度の増加を示した。右室駆出率、心係数、右室拡張末期容積には、有意な変化はなかった。冠動脈再建術後は、軽度の左心機能の抑制がみられたが、右心機能は維持された。

はじめに

心臓手術における経食道エコー (TEE) の役割は、手術適応等の診断だけでなく、麻酔管理においても、広く利用される。TEEにより血行動態の圧モニターだけでなく、視覚的に容積の管理が可能になった。さらに右室駆出率測定用スワングアンツカテータルにより、右心機能の測定が可能となった。これらの併用は、心機能として一言でま

とめられていた左心機能、右心機能を別個に測定評価することができる。種々の疾患において、左心機能、右心機能をモニターすることは、術中の変動する病態の把握に重要である。我々は、冠動脈疾患および僧帽弁疾患患者における体外循環前後の血行動態を測定し、その有用性について検討した。

対 象

対象は、僧帽弁置換術予定患者10名 (男性7名、女性3名)、冠動脈再建術予定患者8名 (男性5名、女性3名)とした。各々、年齢 55.6 ± 9.9 歳、 47.5 ± 13.4 歳、体重 62.0 ± 7.1 kg、 60.2 ± 9.8 kg、身長は、 161 ± 8.0 cm、 165 ± 10.0 cm であった (mean \pm SD)。

術前心臓カテータル検査は、僧帽弁置換術では左室駆出率 (LVEF) は $58.4 \pm 5.5\%$ 、左室拡張末期圧 (LVEDP) 17.3 ± 6.4 mmHg、平均肺動脈圧 (MPAP) 23.8 ± 5.9 mmHg であった。極度の肺高血圧のある症例、三尖弁逆流のある症例は対象としなかった。冠動脈再建術では、LVEF $57.0 \pm 8.6\%$ 、LVEDP 5.5 ± 3.5 mmHg、MPAP は 13.7 ± 4.5 mmHg であった。

両群間において、年齢、体重、身長に有意差はなかったが、LVEDP、MPAP に有意差がみられた。(p<0.05)

*東京女子医科大学麻酔学教室

方 法

前投薬として、就前トリアゼパム 0.5 mg 経口投与、導入1時間前にペントバルビタル 50 mg 経口投与、入室30分前にスコポラミン 0.4 mg、塩酸ペチジン 1 mg/kg を筋注した。入室後右橈骨動脈に観血的動脈圧、右内頸静脈によりスワンガンツカテーテル (REF-1 Baxter 社製 モデル 93A-431H-7.5F) を挿入し、100%酸素、フェンタニール 20 μ g/kg、ジアゼパム 2.5-10 mg、パンクロニウム 0.15 mg/kg で導入し、挿管後 TEE のプローブ (model UST-5233S-5) を挿入し、アロカ社製心エコー測定装置 SSD-870 で測定した。血行動態測定は、導入前、導入後、挿管後、執刀後、胸骨切開後、体外循環後、30分後、60分後、心拍数 (HR)、平均動脈圧 (MAP)、中心静脈圧 (CVP)、平均肺動脈圧 (MPAP)、肺動脈楔入圧 (PCWP)、心拍出量 (CO)、右室駆出率 (RVEF) を測定し、所定の式により心係数 (CI)、末梢血管抵抗 (SVR)、1回拍出量係数 (SVI)、右室拡張末期容積 (RVEDV) を産出した。CO は、CO-set^R を使用した室温の5%ブドウ糖液 10 cc による熱希釈法にて測定し、近似した2回または3回の測定値の平均値を採用した。同時に TEE により、乳頭筋レベルの左室短軸像を M モードで抽出し、Pombo 法にて左室駆出率 (LVEF)、左室内径短縮率 (FS)、左室拡張末期容積 (LVEDV) を測定した。

統計は、導入前をコントロールとしたが、TEE による測定は、挿管後 (intubation) と体外循環30分後を比較し、Student t 検定を行ない、両群間の検定は、一元配置分散分析において行ない、危険率5%以下を有意差ありとした。

結 果

僧帽弁置換術および冠動脈再建術の両群間において、導入前 (control) 値は、MPAP のみ有意差があり、HR、CVP、MAP、CI に有意差はなかった。

1) 血行動態 (Fig. 1)

a) 冠動脈疾患 (CABG)

MAP は導入前 77 \pm 11 mmHg から、体外循環30分後 91 \pm 12 mmHg に、MPAP は 13.8 \pm 2.2 mmHg から 18.8 \pm 3.1 mmHg と有意に増加した。SVR は、755 \pm 429 dynes \cdot sec \cdot cm⁻⁵ から

320 \pm 158 dynes \cdot sec \cdot cm⁻⁵ に有意に低下した。SVI, HR, CVP, CI に有意差はなかった。

RVEF は、47.4 \pm 8.7%から49.5 \pm 10.8%、RVEDV は 152 \pm 41 ml から 146 \pm 33 ml と有意な変化はなかった。

LVEF は64.6 \pm 11.5%から66.6 \pm 16.4%、LVEDV は、89 \pm 47 ml から 143 \pm 148 ml と有意ではないが増加傾向を示し、FS は有意な変化はなかった。全経過を比較すると、冠動脈再建術では RVEF と LVEF の平行した動きを示した。

b) 僧帽弁疾患 (MVR)

HR は、導入前78 \pm 15回/分から、体外循環30分後100 \pm 12回/分と有意に増加したが、MAP、CVP に変化はなかった。CI は、2.6 \pm 0.5 L/min/m² から 3.6 \pm 0.6 L/min/m²、SVI は 38.6 \pm 11.8 ml/beat/m² から 34.9 \pm 7.2 ml/beat/m² それぞれ有意に増加した。SVR は、1439 \pm 548 dynes \cdot sec \cdot cm⁻⁵ から 969 \pm 190 dynes \cdot sec \cdot cm⁻⁵、MPAP は、27.0 \pm 14.6 mmHg から 16.9 \pm 3.8 mmHg とそれぞれ有意に低下した。

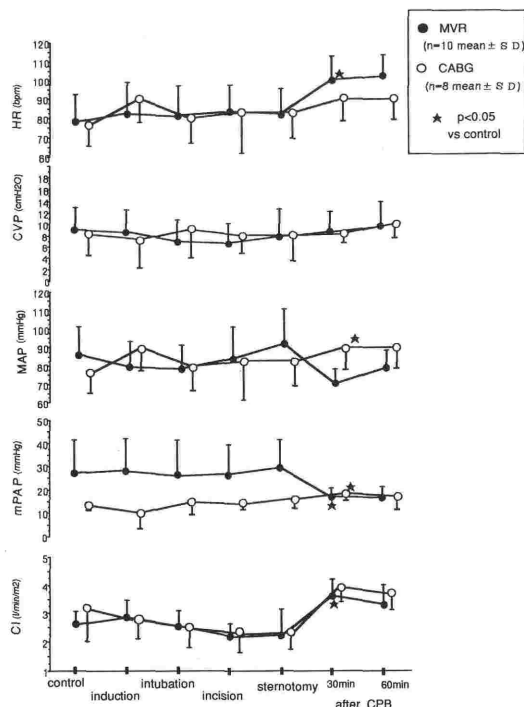


fig. 1 Intraoperative hemodynamic changes in two groups

RVEF は、 $25.9 \pm 9.2\%$ から $34.4 \pm 6.0\%$ に有意に増加し、RVEDV は、 $232 \pm 81 \text{ ml}$ から $178 \pm 21 \text{ ml}$ と低下した。

LVEF は $61.3 \pm 13.1\%$ から $54.4 \pm 13.6\%$ 、LVEDV は $192 \pm 110 \text{ ml}$ から $133 \pm 87 \text{ ml}$ と低下したが有意差はなかった。FS も有意な変化はなかった。

僧帽弁置換術においては、RVEF と LVEF の変化は解離が見られた (Fig. 2)。

体外循環離脱時の使用したカテコラミンは、冠動脈再建術においてノルアドレナリン (NA) 単独使用は 1 例で $0.18 \mu\text{g/kg/min}$ であった。ドパミン (DOA) 単独は 3 例で $4.0 \pm 1.0 \mu\text{g/kg/min}$ 、両者併用は 4 例で NA が $0.32 \pm 0.7 \mu\text{g/kg/min}$ 、DOA が $2.7 \pm 0.5 \mu\text{g/kg/min}$ であった。僧帽弁置換術では、DOA 単独が 2 例で $4.2 \pm 2.1 \mu\text{g/kg/min}$ 、DOA とドブタミン (DOB) の併用が 8 例、それぞれ $5 \mu\text{g/kg/min}$ 、 $4.0 \pm 1.1 \mu\text{g/kg/min}$ であった。

考 察

術中における TEE の短縮断層によるモニター

は、左室の壁運動異常の発見や左室収縮力の変化を視覚的にとらえ、その M モードによる左室内径、LVEDV、LVEF の測定は、左室前負荷と左室収縮能の判定に有用である¹⁾²⁾。

右心機能の測定は、RI アンギオグラフィー、M モード心エコー図、2次元心エコー図、ドプラー法により行なわれてきたが、術中におけるルーチンの右心機能の測定には限界がある³⁾。スワンガンツカテーテルによる REF は、右室ポンプ機能と収縮性の評価を表わし、右室の前負荷、後負荷の影響をうける。また心房細動や三尖弁逆流を伴う僧帽弁置換術では、心係数は低く測定され正しい心機能評価として使用できないことが多い⁴⁾。体外循環離脱時には、血液希釈率、血中炭酸ガス分圧、カテコラミン、ペースメーカーにより影響も受けると思われる⁵⁾⁶⁾。我々の症例では、術前後のヘマトクリット、および血中炭酸ガス分圧は正常範囲に保たれているため、これらの心機能への影響は少ないと考えた。しかし DOA や DOB は、 β 作用による直接心筋収縮の増強による左室機能の改善をもたらした⁷⁾⁸⁾、右室に対する影響も否定できないと思われる。

TEE による LVEF は、導入より胸骨切開までは、刺激による SVR の増加による後負荷の増大による低下がみられ、CI も同様に低下した。我々の施設は、内胸動脈や胃大網動脈等の動脈グラフトを多用するため、体外循環離脱後は、冠還流維持のため MAP を上昇させるよう麻酔管理を行っている。従って、低濃度の DOA、NA を併用するとともに、急速な体外循環血の返却により LVEDV は増加傾向を示し、MAP、MPAP は有意に上昇した。しかし、LVEF、CI、SVI の増加は僅かで、CVP には有意な変化はなかった。つまり、冠動脈疾患においては、体外循環離脱後の左心機能の低下が示唆される。

右冠動脈疾患では右心機能にわずかな低下があるが、高度の右冠動脈閉塞以外は、右心機能は正常値にあると言われる⁹⁾、今回の症例においては RVEF は正常範囲であった。RVEF や RVEDV は、体外循環離脱後の低体温、過大容量負荷の右室機能不全の発見に有効であり、心電図、CVP よりも早期に現われる¹⁰⁾ と言われている。右室前負荷は、CVP よりも RVEDV が指標となると考えられる。

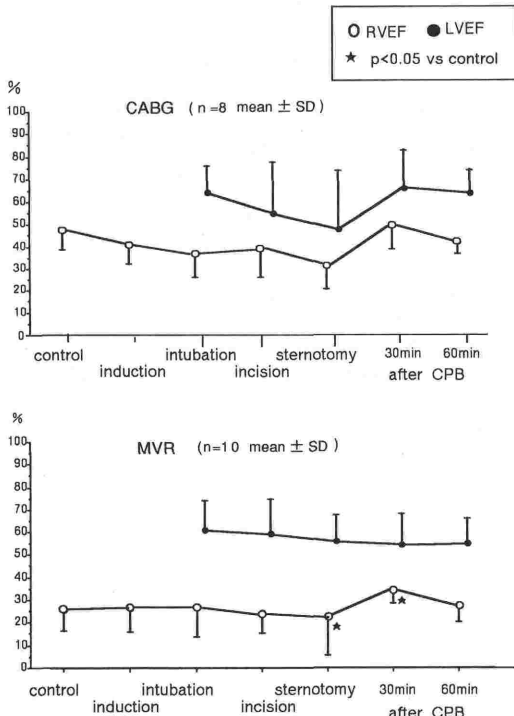


fig. 2 RVEF and LVEF changes in two groups

右室機能低下例においては、カテコラミンとニトログリセリン、プロスタグランジンの併用により RVEF の増加が予想される¹¹⁾。丹波ら¹²⁾の報告では、体外循環離脱時のカテコラミンの必要としたものは術前 RVEF 29.9±9%、必要としなかったものは45±6%であり、これらの症例における術前と体外循環離脱時の RVEF の有意差はないという報告がある。冠動脈疾患における我々の症例では、体外循環前後の RVEF の増加、RVEDV の低下は、ともに軽度であり、カテコラミンの影響も考え、術後急性期の右室機能に変化はみられないと思われる。

さらに RVEF と LVEF の上昇に有意差はなく、RVEF と LVEF は比例した動きを示した (Fig. 2)。したがって、体外循環離脱後の心機能は、術前とほぼ変わらないか、または LVEF と LVEDV の関係より軽度の低下があると考えられる。術後の心機能の回復には、1年余りかかり10%前後の LVEF の改善がみられると言われている¹³⁾。長期にわたり観察すれば心筋の viability によるが、両心とも機能は回復する可能性はある。

一方、慢性僧帽弁疾患の病態は、左房圧の上昇と肺血管抵抗の増加による右室機能の低下にあり、左室機能は、保持されていることが多い。僧帽弁置換後の血行動態の変化は、僧帽弁閉鎖不全症で、左室形態の正常化、左室壁のストレスの軽減による左室収縮、拡張力の回復¹⁴⁾、狭窄症では、LVEDV の増加に基づく心機能の改善がみられる。ともに右室機能は、左房負荷の減少による改善が期待される。したがって僧帽弁疾患における麻酔管理は、おもに右室機能の変化をモニターし、右心不全を防ぐことである。

我々の症例では、僧帽弁疾患は、冠動脈疾患に比べ MPAP は高く、REF は有意に低い値を示した。導入より胸骨切開の間では、血行動態に有意な変化がないが、胸骨切開時のみ RVEF の有意な低下がみられた。RVEF の低下は MPAP、PVR が、人工呼吸の影響により、術前にくらべ低下しているため、RVEF の低下は、右室の後負荷の増大ではない。LVEF は保たれているが、刺激による SVR の増大が CO を低下させ二次的に REF を低下させたと推測できる。したがって、麻酔管理において、術前より肺高血圧のある症例や RVEF の低下だけでなく、圧変化が出るよう

な両心負荷が起こってしまった場合には、SVR を下げる血管拡張薬の投与が望ましい。

僧帽弁置換後を導入前と比較すると SVI は維持され、右室充満圧は上昇していると思われるにもかかわらず、RVEDV が低下し、右心室のコンプライアンスの変化が示唆された。また、RVEF は有意な増加がみられ、MPAP の有意な低下と心室の形態学的な変化から、右室後負荷軽減と収縮力増加による右心機能の回復と考えられる。LVEDV の低下は、心室中隔を介する右室機能の改善に役立っていると思われる。

反して、左心機能は、SVR の有意な低下があるにもかかわらず LVEDV、LVEF、FS、CO の軽度の低下がみられた。僧帽弁弁尖、弁下組織の切除による収縮能の低下、また大動脈遮断時間による影響等が考えられるが、LVEDV、LVEF ともに低下していることから、左心機能は、術前とほぼ変わらないと思われた。また術後の長期的な報告では、僧帽弁閉鎖不全症における左心機能は経時的に変化し、術後6箇月頃までは変動し、術後1年以降は安定する。術後3年における LVEF は、術前と有意差はないとされている¹⁵⁾。したがって、これらの報告と我々の結果から、僧帽弁疾患の弁置換後急性期における右室機能は MPAP、LAP の低下により、早期に改善される可能性があるが、左心機能の著明な回復はなく、RVEF、LVEF は僧帽弁置換前後において、解離した動きを示した。カテコラミン離脱後の長期的右心機能の予測には、肺動脈圧の低下の度合を考える必要があると思われた。

まとめ

1. 右室駆出率測定用カテーテルと経食道エコーを併用し冠動脈再建術および僧帽弁置換術の心機能を測定した。
2. 冠動脈再建術では、体外循環前後において、LVEF、RVEF、RVEDV に大きな変動は見られなかったが、LVEDV は増加傾向を示し、左心機能の軽度の抑制が見られた。
3. 僧帽弁置換術では、体外循環前後において、LVEF、LVEDV に有意な変化はなく、左心機能の変化は少なかった。一方、RVEF の著明な上昇と MPAP、RVEDV の有意な低下がみられ、右心機能の改善がみられた。

4. 冠動脈再建術では、LVEF と RVEF は同様の動きを示したが、僧帽弁置換術では LVEF と RVEF に解離が見られた。
5. 右室駆出率測定用カテーテルと経食道エコーの併用は、開心術における両心機能を判定する有用な手段であると考えられる。

第12回日本循環制御医学会において発表した。

(1991年東京)

文 献

- 1) Konstadt, S. N., Thys, D., Mindich, B. P., Kaplan, J. A. et al.: Validation of quantitative intraoperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* **65**:418-420, 1986.
- 2) Leung, J. M., Chan, F. W., Mangano, D. T.: Transesophageal echocardiography: prediction of intraoperative hypovolemia (abstr). *Anesth. Analg*, **70**:S236, 1990.
- 3) Goldman, M. E.: Editorial comment-emerging importance of the right ventricle. *J. Am. Coll. Cardiol*, **514**:925-927, 1985.
- 4) 和井内山充子, 半田俊之介, 安部純久: 右室駆出率の測定—新しく改良された熱希釈法の信頼性と限界. *呼吸と循環*, **36**: 513-516. 1988.
- 5) Viitanen, A., Salmenpera, M., Heinonen, J.: Right ventricular response after cardiac surgery. *Anesthesiology*, **73**:393-400, 1990.
- 6) 柿本祥太郎, 村木宏要, 奥 孝彦: A-C バイパス術後急性期の血行動態及び心筋代謝の検討. *日胸外会誌*, **33**: 11-16, 1984.
- 7) 佐藤 洋: 術前 dobutamine 負荷試験による僧帽弁狭窄の心循環機能の評価. *日胸外会誌*, **39**: 23-28, 1988.
- 8) Schwenger, K. J., Miller, E. D.: Hemodynamic effects of dobutamine in patients following mitral valve replacement. *Anesth Analg*, **68**:467-472, 1989.
- 9) Boldt, J., King, D., Thiel, A. et al.: Revascularization of the right coronary artery; Influence on thermodilution right ventricular ejection fraction. *J. Cor. Anesth*, **2**:140-145, 1988.
- 10) Boldt, J., Kling, D., Moosdorf, R. et al.: Influence of acute volume loading on right ventricular function after cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med*, **17**:518-522, 1989.
- 11) Dell'Italia, L. J., Staring, M. R., Blumhardt, R. et al.: Comparative effect of volume load. *Circulation*, **72**:1327-1335, 1985.
- 12) 難波健利, 小坂二度見, 下里梓郎: 右室駆出率の測定とその評価. *日本麻酔学会誌*, **17**: 161-166, 1987.
- 13) 弘岡泰正, 田原 稔, 笹岡志朗ほか: 低左室機能例の冠動脈再建術. *日胸外会誌*, **37**: 1024-1031, 1991.
- 14) 妹尾嘉昌, 青木 淳, 黒住 要ほか: 慢性僧帽弁閉鎖不全症外科治療の左室機能への効果とその予知. *日胸外会誌*, **37**: 1163-1168, 1989.
- 15) 浅野孝治, 上原美朗, 佐々木成一郎ほか: RI アンギオグラフィーによる右室機能からみた僧帽弁狭窄症例の検討. *日胸外会誌*, **33**: 181-187, 1985.

**Estimation of Biventricular Hemodynamic Functions using
—a Pulmonary Artery Catheter with a Rapid Response Thermistor and
Transesophageal Echocardiography during Cardiac Surgery—**

Izumi Kondo, Minoru Nomura, Keiko Yoshida,
Chinami Nagasawa, Yosimi Sugino, Keiko Utida,
Eri Ashikari, Motoyo Iwade, Kimei Shirai,
Masao Fujita and Hidehiro Suzuki

Department of Anesthesiology, Tokyo Women's
Medical College, Tokyo Japan 162

The right ventricular ejection fraction (RVEF) and the left ventricular ejection fraction (LVEF) were measured to examine biventricular hemodynamic functions during cardiac surgery, and each patient was divided into the two groups: the coronary artery disease group (CABG) and the mitral valve disease group (MVR).

Newly developed pulmonary artery catheters with a rapid response thermistor (REF-1: model 93A-431H-7.5F, the Baxter Company) were used to measure the RVEF, and transesophageal echocardiography (TEE) to measure the LVEF at mid-papillary levels by Pombo method. The hemodynamic values of each group were measured before induction of anesthesia (T1), after induction, after intubation (T2), after incision, after sternotomy, after the CPB at 30 minutes (T3) and at 60 minutes.

In the MVR group, the RVEF significantly increased, from $25.9 \pm 9.2\%$ (T1) to $34.4 \pm 6.0\%$ (T3). Also, a significant increase was noted in the cardiac index (CI), from 2.6 ± 0.5 L/min/m² to 3.6 ± 0.6 L/min/m². The LVEF, however, decreased from $61.3 \pm 13.1\%$ (T2) to

$54.4 \pm 13.6\%$ (T3). The MPAP also significantly decreased, from 27.0 ± 14.6 mmHg to 16.9 ± 3.8 mmHg, as did the RVEDV (right ventricular end-diastolic volume), from 232 ± 81 ml to 178 ± 21 ml and the LVEDV (left ventricular end-diastolic volume) from 192 ± 110 ml to 133 ± 87 ml.

In the CABG group the RVEF increased, from $47.4 \pm 8.7\%$ (T1) to $49.5 \pm 10.8\%$ (T3) and the LVEF from $64.6 \pm 11.5\%$ (T2) to $66.6 \pm 16.4\%$ (T3). Further, the RVEDV decreased from 152 ± 40 ml to 146 ± 33 ml, on the other hand CI increased from 3.2 ± 1.2 ml/min/m² to 4.0 ± 0.5 ml/min/m², and the LVEDV from 89 ± 47 ml to 143 ± 148 ml.

We concluded that the LVEF decreased slightly and RVEF remained unchanged in the CABG group, but in the MVR group, LVEF remained unchanged and RVEF improved after the CPB significantly, due to the reduction of the pulmonary vascular resistance as a result of valve replacement. The combination of REF-1 catheter and TEE provide an useful information of biventricular function during cardiac surgery.

Key words: right ventricular ejection fraction, left ventricular ejection fraction, intraoperative monitoring, cardiac surgery.