

## ハロセン麻酔下における循環動態の変化

—心エコー図法による検討—

増田 忠訓\* 増田 美知子\* 池田 和之\*

## 要 旨

心肺機能に異常を有しない手術患者6名を対象とし、心エコー図法およびスワングアンツカテータル法にて、ハロセン麻酔下における循環動態の変化を検討した。

心エコー図法より計測された左心室の駆出状態を表す指標 (Ejection Fraction および Fractional Shortning) は、1 MAC に比べ 2 MAC において有意に減少していた。また同時に測定した左室容量において、左室収縮期容量が有意の増加を示していた。

以上の結果より、ハロセンは濃度依存性に心収縮性を減少するものと思われた。さらにスワングアンツカテータルより得られた肺動脈楔入圧も、濃度依存性に有意に上昇しておりこれを示唆すると思われる。

## はじめに

吸入麻酔薬ハロセンの循環動態に及ぼす影響は、すでに詳細に検討されている<sup>1)2)</sup>。しかしながら、麻酔中の心収縮力あるいは心容積の測定は非常に困難であり、現時点ではいろいろなカテータルを用いて、その圧変化より推定する方法が一般的に行なわれている。

近年麻酔学領域において心エコー図法を用いて、麻酔中の心機能や心容積を直接測定、評価しようとする試みがさかんになりつつある<sup>3)4)</sup>。心エコー図法は、左心系の循環動態を評価するのに有

用で、心拍出量・駆出分画 (Ejection Fraction) ・左室拡張末期容積などの測定が可能であり、心血管造影によるこれら測定値との比較では、きわめて良好な相関関係が得られている<sup>5)6)7)</sup>。

今回、われわれは心肺機能に異常を有しない手術患者を対象として、吸入麻酔薬ハロセンの循環動態に及ぼす影響を、心エコー図法およびスワングアンツカテータルにて同時測定し、濃度による比較検討を行なったので報告する。

## 研究 方法

心肺機能に異常を有しない手術予定患者6名を対象とした。年齢は16才から47才まで (平均35才) であった。麻酔導入1時間前に前投薬として硫酸アトロピン 0.5 mg、ヒドロキシジシ 50 mg を筋注した。麻酔導入はサイオペンター 4~5 mg/kg、サクシニールコリン 1 mg/kg にて行い、麻酔維持は笑気・酸素・ハロセンにて行なった。

手術終了後、酸素・ハロセン麻酔とし自発呼吸下に放置し、1 MAC および 2 MAC において、心エコー図法とスワングアンツカテータルにて循環動態の測定を行なった。

1 MAC および 2 MAC の濃度は、医用質量分析計 (MGA 1100, Perkin Elmer) にて終末呼気ハロセン濃度を測定し決定した。

スワングアンツカテータルは、麻酔導入後尺側皮静脈より挿入したものを用い、肺動脈圧、肺動脈楔入圧、中心静脈圧、熱希釈法にて心拍出量を測定した。

また使用した心エコー装置は、HP 社製超音波診断装置 HP77020A で、3.5 MHz のトランスデ

\*浜松医科大学麻酔学教室

ューサを用いた(図1). 第3ないし第4肋間胸骨左縁にトランスデューサを置き, 左室長軸に沿って右上-左下方向に扇形断面を設定し, 左室長軸断層面を得た. そして僧帽弁前尖エコーグラムが, みえかくれする位置にビームを設定し, Mモードを記録した(図2). このMモード心エコー図より, 左室短軸の拡張末期内径および収縮末期内径を計測し, 左室拡張末期容量, 左室収縮末期容量, 駆出分画(Ejection Fraction), Fractional Shortning, 心拍出量を求めた. 容量の計算には, 左室腔が回転楕円体であり, 長軸と短軸の比が2で心周期を通じて一定と仮定する Pombo 法を用

表1 Pombo の式およびその他の指標の計算式

- ① Pombo の式:  
 $V = \pi L D^2 / 6 = \pi (2D) D^2 / 6 = D^3$
- ② Stroke volume  
 $SV = LVEDV - LVESV$
- ③ Ejection Fraction  
 $EF = SV / LVEDV$
- ④ Fractional Shortning  
 $FS = (Dd - Ds) / Dd \times 100$

LVEDV: 左室拡張期末容積  
LVESV: 左室収縮期末容積  
D: 左室短軸径 (Mモード)  
L: 左室長軸径 (Mモード)

いた<sup>7)</sup>(表1).

結果の検定は, paired t-test にて行い,  $p < 0.05$  を有意とした.

結 果

スワンガンツカテーテルによって測定されたハロセンの循環動態に及ぼす影響を表2に示した.

1 MAC (0.74±0.03%) に比較して 2 MAC (1.48±0.09%) では, 肺動脈拡張期圧は 5.3±3.5 mmHg より 9.3±2.9 mmHg に, 肺動脈楔入圧は 5.3±3.5 mmHg より 7.7±3.8 mmHg に, 中心静脈圧は 2.6±2.8 mmHg より 3.6±2.6 mmHg にそれぞれ有意に増加していた ( $p < 0.05$ ). 動脈圧, 心拍数は減少傾向を示したが有意差はなかった. 一方, 心拍出量は 6.94±2.12 l/分 より 6.44±1.91 l/分 に有意に減少した ( $p < 0.05$ ).

心エコー図法によって測定されたハロセンの循環動態に対する影響を表3に示した.

1 MAC に比べ 2 MAC では左室収縮末期容量は 28.8±16.7 ml より 32.6±17.6 ml に有意に増加したが ( $p < 0.05$ ), 駆出分画は0.74±0.08から0.70±0.08に, Fractional Shortning は36.6±6.9%から33.7±6.2%に, 心拍出量は 6.78±2.41 l/分 より 6.45±2.04 l/分 に有意に減少した ( $p < 0.05$ ).

考 察

本研究より得られたデータから推察すると, 従来の研究でも示されたように<sup>1)2)8)9)</sup>, 濃度依存性に心収縮力を減少するものと思われる. 心エコー図法より計測された左心室の駆出状態を表す指標(Ejection Fraction, Fractional Shortning) は有意

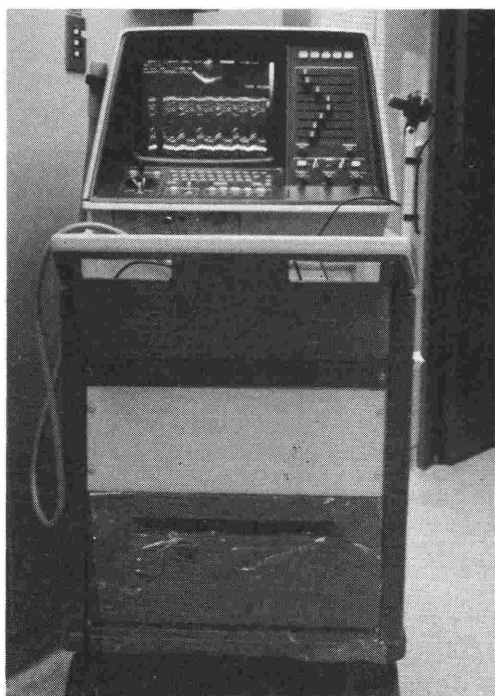


図1 測定に使用した心エコー装置 (HP77020A)

図2 第3肋間胸骨左縁からの左室短径Mモード

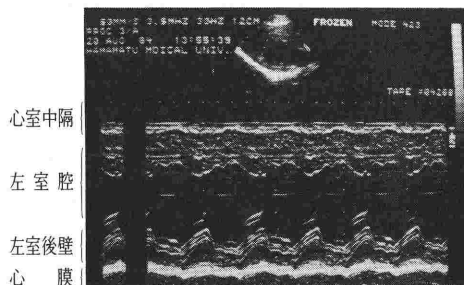


表2 ハロセン濃度の循環動態に対する影響 (Swan-Ganz catheter による測定) (n=6)

	1 MAC (0.74±0.03%)	2 MAC (1.48±0.09%)
心 拍 数 (回/分)	90.8±19.7	86.4±17.9
動 脈 圧 (収縮期, mmHg)	94.0±22.4	83.7±12.9
(拡張期, mmHg)	51.9±13.4	48.4± 7.9
肺 動 脈 圧 (収縮期, mmHg)	18.7± 5.0	19.6± 4.4
(拡張期, mmHg)	5.3± 3.5	9.3± 2.9*
肺動脈楔入圧 (mmHg)	5.3± 3.5	7.7± 3.8*
中心静脈圧 (mmHg)	2.6± 2.8	3.6± 2.6*
心 拍 出 量 (L/分)	6.94± 2.12	6.44± 1.91*

\* p<0.05

表3 ハロセン濃度の循環動態に対する影響 (心エコー図法による測定) (n=6)

	1 MAC (0.74±0.03%)	2 MAC (1.48±0.09%)
左室拡張期内径 (cm)	4.6± 0.5	4.7± 0.5
左室収縮期内径 (cm)	3.0± 0.5	3.1± 0.5
左室拡張期容量 (ml)	105.3±38.8	107.0±34.5
左室収縮期容量 (ml)	28.8±16.7	32.6±17.5*
駆 出 分 画 (EF)	0.74± 0.08	0.70± 0.08*
Fractional shortening (%)	36.6± 6.9	33.7± 6.2*
心 拍 出 量 (L/分)	6.78± 2.41	6.45± 2.04

\* p<0.05

に減少している。

左室収縮末期容積の有意の増加は、左室収縮力の低下を反映している。すなわち左室拡張末期容積より大きく変化しており、これが Fractional Shortening, Ejection Fraction の減少の主要な要因であると考えられる。

Frank-Starling の法則からすれば、スワングアンツカテーテルで測定された左室拡張末期圧の上昇は、本来心収縮力を増加させるべきであるが、本研究においてはこの現象は生じなかった。これは前負荷の上昇が、ハロセンによって生じた心収縮力の減少に対して十分ではなかったためと思われる。一方、後負荷に対するハロセンの影響は、報告者によって異なり一定の結論は得られていない<sup>1)2)10)</sup>。本研究においては、スワングアンツカテーテルの測定より得られた末梢血管抵抗はほとんど変化しておらず、心収縮力を評価するにあたって後負荷の影響を考慮する必要は少ないと思われる。これらの結果から推察すると、ハロセン麻酔下において心拍出量を維持するためには、さらに前負荷を上昇させる必要性が示唆される。

一方、ハロセンの左室拡張末期コンプライアンスに対する影響は、一定の結論を得るに致してい

ない<sup>4)11)12)13)</sup>。本研究においては、肺動脈楔入圧の有意の上昇にもかかわらず、左室拡張末期容量の有意の変化をみとめなかった。これは、左室拡張末期コンプライアンスの変化を示唆する。しかしながら本研究においては、左室拡張末期容量の変化に対す左室拡張末期圧の変化率を測定せず、1 MAC および 2 MAC において1時点しか測定していない。さらに左室の圧-容量関係の変化は MVS (early diastolic slope of the anterior mitral valve leaflet) に影響することが知られているが<sup>14)</sup>、本研究では測定していない。また近年、麻酔あるいは手術中では肺動脈楔入圧は左室充満圧を適切に反映していないとの報告も認められ<sup>15)</sup>、この問題を解決するためにはさらに詳細な研究が必要と思われる。

手術室における左心機能の評価に心エコー図法をルーチンに用いるには、まだ幾つかの制約があると思われる。術野との関係、手技の修得、肥満や肺気腫患者の場合、虚血性心疾患患者で心筋の dyskinesia を有する場合などである。

しかしながら、心エコー図法は非侵襲的であり、直接心機能を測定するという今までにない長所を有しており、種々の薬剤に対する評価、治療方

針の決定や治療効果の判定にきわめて有用であると考えられる。

### ま と め

1. ハロセンは濃度依存性に心収縮力を減少するものと思われる。
2. ハロセンは左室拡張末期コンプライアンスに影響すると示唆されるが、この問題を解決するにはさらに詳細な検討が必要と思われる。
3. 心エコー図法は定量的な心機能評価に有用であると思われる。

### 引用文献

- 1) Deutsch, S., Linde, H. W., Dripps, R. D.: Circulatory actions of halothane in normal man. *Anesthesiology*. **23**:631-633, 1962.
- 2) Eger, E. I. II, Smith, N. T., Stoelting, R. K., et al.: Cardiovascular effects of halothane in man. *Anesthesiology*. **32**:396-409, 1970.
- 3) Wexler, L. F., Pohost, G. M.: Hemodynamic monitoring: noninvasive techniques. *Anesthesiology*. **45**:156-183, 1976.
- 4) Rathod, R., Jacob, H. K., Kramer, N. E., et al.: Echocardiographic assessment of ventricular performance following induction with two anesthetics. *Anesthesiology*. **49**:86-90, 1978.
- 5) Fortuin, N. J., Hood, W. P., Graige, E.: Evaluation of left ventricular function by echocardiography. *Circulation*. **46**:26-35, 1972.
- 6) Murray, J. A., Johnston, W., Reid, J. M.: Echocardiographic determination of left ventricular dimensions, volumes and performance. *Am J Cardiol*. **30**:252-257, 1972.
- 7) Pombo, J. F., Tray, B. C., Russel, R. Q. Jr.: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation*. **43**:480-490, 1971.
- 8) Sonntag, H., Donath, U., Hillebrand, W., et al.: Left ventricular function in conscious man and during halothane anesthesia. *Anesthesiology*. **48**:320-324, 1978.
- 9) Gerson, J. I., Gianaris, C. G.: Echocardiographic analysis of human left ventricular diastolic volumes and cardiac performance during halothane anesthesia. *Anesth Analg*. **58**:23-29, 1979.
- 10) Wyant, G. M., Merriman, J. E., Kilduff, C. J., et al.: The cardiovascular effect of halothane. *Can Anesth Soc J*. **5**:384-402, 1958.
- 11) Goldberg, A. H., Phear, W. P. C.: Halothane and paired stimulation: Effect on myocardial compliance and contractility. *J Appl Physiol*. **28**:391-396, 1970.
- 12) Brower, R. W., Merin, R. G.: Left ventricular function and compliance in swine during halothane anesthesia. *Anesthesiology*. **50**:409-415, 1979.
- 13) Green, E. S., Gerson, J. I.: One versus two MAC halothane anesthesia does not alter the left ventricular diastolic pressure-volume relationship. *Anesthesiology*. **64**:230-237, 1986.
- 14) DeMaria, A. N., Miller, R. R., Amsterdam, E. A., et al.: Mitral valve early diastolic closing velocity of echocardiogram: Relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance. *Am J Cardiol*. **37**:693-700, 1976.
- 15) Beaupre, P. N., Cahalan, M. K., Kremer, P. F., et al.: Does pulmonary artery occlusion pressure adequately reflect left ventricular filling during anesthesia and surgery (Abstract)? *Anesthesiology*. **59**:A3, 1983.

## Echocardiographic Analysis of Left Ventricular Function during Halothane Anesthesia

Tadanori Masuda, Michiko Masuda and Kazuyuki Ikeda

Department of Anesthesiology, Hamamatsu University School of Medicine.  
3600 Handacho hamamatsu 431-31 Japan

Echocardiographic studies were made of 6 healthy patients scheduled for surgical procedure to evaluate the effect of halothane on left ventricular function. Using M-mode echocardiography we found that 1 and 2 MAC halothane induced dose-related decrease in left ventricular function. Two ejection-phase performance variables, Ejection Fraction and Fractional Shortening decreased to  $0.70 \pm 0.08$  and  $33.7 \pm 6.2\%$  (mean  $\pm$  SD) at 2 MAC halothane from control values of  $0.74 \pm 0.08$  and  $36.6 \pm 6.9\%$  at 1 MAC halothane. Dose-dependent depressant effects of halothane on the heart were accompanied by increased left ventricular end-diastolic pressure. Through the

Frank-Starling mechanism, the increase in left ventricular end-diastolic pressure should have increased left ventricular function. We should preserve left ventricular end-diastolic pressure at higher levels for the maintenance of cardiac output.

Our investigations of halothane's effect on left ventricular end-diastolic compliance remains unknown. Further studies are needed to determine it.

Echocardiography is a non-invasive, safe and relative rapid method that can be used to assess cardiac function and to evaluate the effects of pharmacologic agents on the heart.

**Key words:** Echocardiography, Halothane, ventricular function.