

## 原 著

## 非観血的心拍出量モニターの術中使用経験

— 熱希釈法と比較して —

鈴木 照\* 上松治孝\* 山本道雄\*

## 要 旨

術中に、安全に心機能モニターが出来るようにと、様々な試みがなされているが、今回我々は、インピーダンス法と超音波ドップラー法による非観血的心拍出量モニターの使用経験を得、熱希釈法と比較した。超音波ドップラー法は、熱希釈法と相関が高く ( $r=0.86$   $p<0.01$ ) 十分に術中モニターとして使用できるものと思われた。また、インピーダンス法は、熱希釈法とは、あまり良く相関しなかったが、心拍出量の術中変動をモニターするのに有効と思われた。

## はじめに

術中の心機能モニターには様々なものがある。特に近年よく使用される Swan-Ganz Catheter® は、前負荷、後負荷と同時に熱希釈法により心拍出量も測定出来るため循環系に問題のある患者や大手術の麻酔管理に欠かせないものとなっている。しかし、観血的な方法のため、その使用には制限があり、いつでも、誰にでもという訳にはいかない。そのため、様々な非観血的方法が考案されてきたが、それぞれ一長一短があり信頼性に問題がある。今回我々は非観血的心機能モニターのうち、インピーダンス法と超音波ドップラー法による心拍出量測定機器の使用経験を得たので、熱希釈法と比較し報告する。

## 方 法

心肺機能に異常の認められない患者で、Swan Ganz Catheter® による術中管理を必要とした予

定手術患者9例を対象とした。麻酔導入は、サイオベンタール 4~5 mg/kg とサクシニルコリン 1~1.5 mg/kg を静注し、気管内挿管を行った。麻酔維持はハロセンまたはエンフルレン1~1.5%で行った。

## 1) 熱希釈法

麻酔導入後、内頸静脈または鎖骨下静脈より Swan-Ganz Catheter® を留置した。心拍出量測定は、0度Cの5%ブドウ糖水 10 ml 注入し、American Edwards 社製 Cardiac output computer moder 9520 A を使用しておこなった。

## 2) 超音波ドップラー法

心拍出量測定は、Lawrence medical system 社製の Ultra COM® を使用した。(写真1) まず、A mode echo にて経胸壁的に大動脈根部のエコー像を描出させ、大動脈内径を測定する。大動脈断面を円と仮定して断面積を計算する。次に、胸骨切痕にトランスデューサーをあて continuous wave doppler mode (以下 CWD) で上行大動脈を狙い、そこから得られるドップラー変移信号を血液速度に変換する。次に、内臓のコンピューターにより systolic velocity integrarl (以下 SVI) を算出し、これに大動脈断面積を掛けて1回心拍出量を、さらに心拍数を掛けて心拍出量を推定する。これが、オリジナルな方法だが、大動脈内径測定に A mode echo では確実性に欠けるため、我々は食道内心エコー図法 (transeophageal echocardiography: 以下 TEE) により M mode echo で大動脈弁エコー図を記録し大動脈内径を測定した。

\* 岐阜大学医学部麻酔学教室

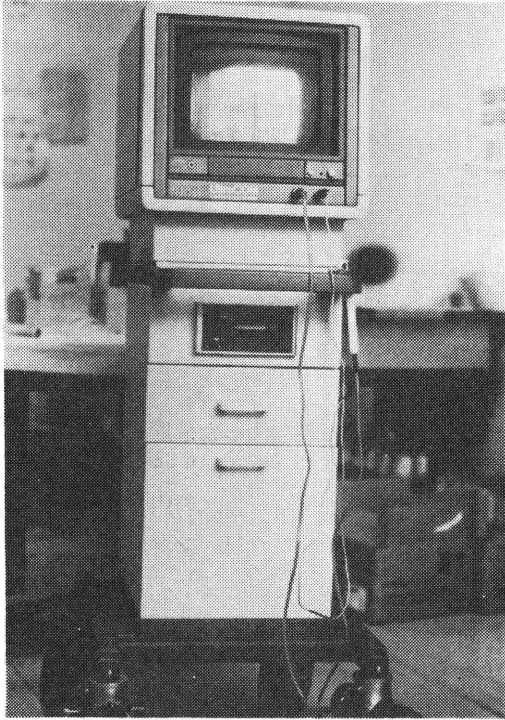


写真1 UltraCOM®, Lawrence Medical System

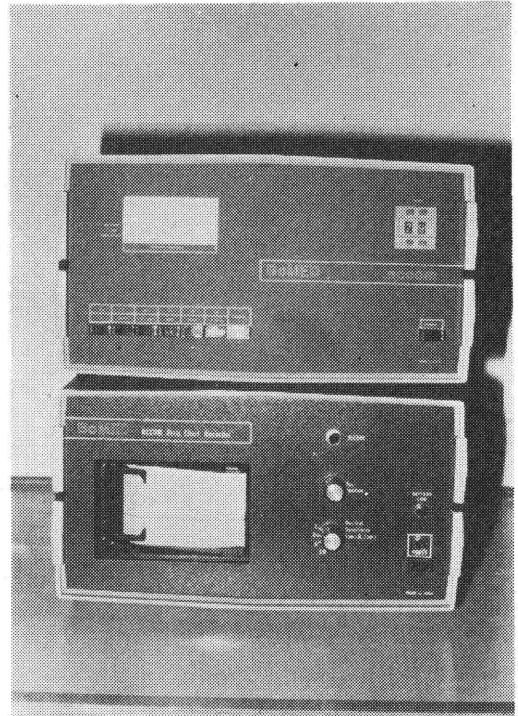


写真2 NCCOM® (Noninvasive Continuous Cardiac Output Monitor) BoMed

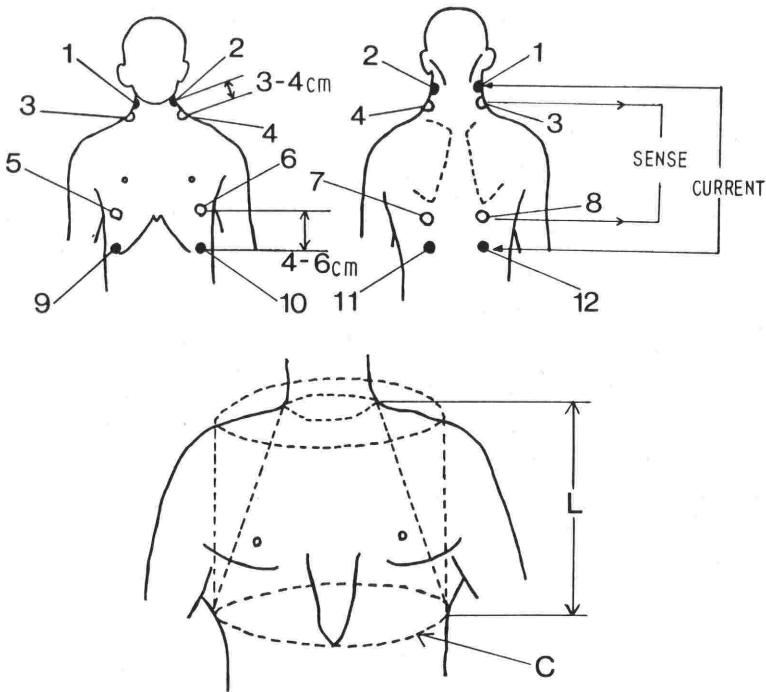


図1 注入電極：1, 2, 9~12  
 感知電極：3~8  
 L：感知電極間隔  
 C：下方感知電極レベルの胸郭の円周

3) インピーダンス法

Bo Med 社製の NCCOM® (Noninvasiv econtinuous cardiac output monitor) を使用して心拍出量を測定した。(写真2) 図1に示すように12個のスポット電極を体表に装着する。その内、首上部に平行につけられた2個と胸部下部に平行につけられた4個の注入電極の間に高周波数定常低電流(70 KHz・25 mA)が流され、その内側に同様につけられた6個の感知電極で、胸部内抵抗に比例する高周波数電圧を感知する。測定された胸郭インピーダンスの変化から、下記の式により1回心拍出量(SV)を算出し、さらに心拍数(HR)を掛けて心拍出量を計算する。

$$SV = \frac{C^2 \cdot L}{35Z_0} \times T \times \Delta Z / \text{sec}$$

- C: 下方感知電極レベルの胸郭の円周
- L: 前面後面の感知電極間隔の算術平均
- T: 心室駆出時間
- $\Delta Z / \text{sec}$ : インピーダンス最大変化率
- $Z_0$ : 胸部基本抵抗

結 果

5名の患者から Ultra COM® と熱希釈法により、23回心拍出量を測定した結果、両者の間には  $r=0.86$ ,  $Y=0.80 X+1.29$  (図2) の相関が見られた。また、同様に4名の患者から NCCOM® と熱希釈法により、39回心拍出量を測定した結果、

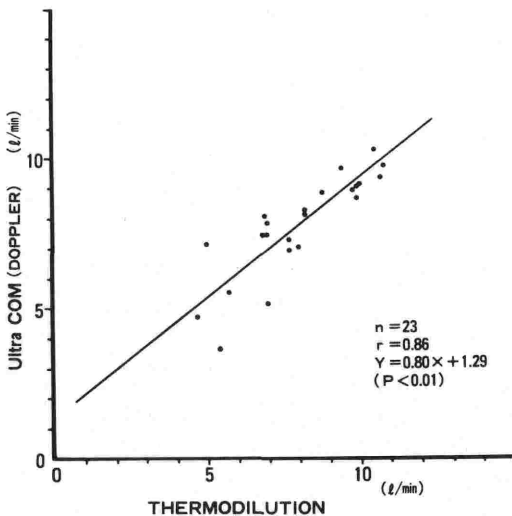


図2 UltraCOM® と熱希釈法との相関関係

両者の間に  $r=0.55$ ,  $Y=0.62 X+2.38$  (図3) の相関が見られた。

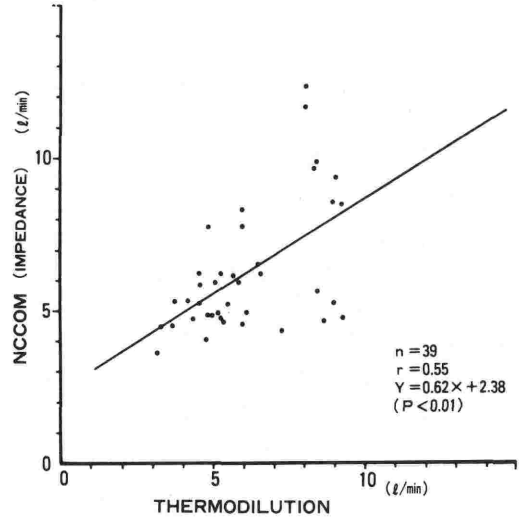


図3 NCCOM® と熱希釈法との相関関係

考 案

心拍出量測定 of 臨床的価値は心機能低下患者の管理の上で非常に大きい。しかし、観血的心拍出量測定法は、準備や測定に手間が掛かり不便であるうえに、身体に侵襲が加わるが故のリスクは避けられず、しばしば疎んじられる。そこで、非観血的で容易に繰り返し心拍出量が測定できれば、非常に有効である。しかし臨床使用においては、再現性・安定性・操作性に優れていることが要求されるため、現在、様々な非観血的心拍出量測定法が考案されてはいるものの、臨床使用に耐えうるものは少ない。今回の比較では、超音波ドップラー法による Ultra COM® が熱希釈法との間に  $r=0.86$  ( $P<0.01$ ) の良い相関を示し、術中の心拍出量モニターとして有効と思われた。しかし、この装置に問題が無い訳ではない。胸骨切痕上にプローブをあてるだけなので、何時でも簡単に利用できそうだが、胸部・頭頸部の手術の場合には、プローブをあてることができない。また、大動脈断面(CSA)が円形であるとの仮定から、 $CSA = (\pi D^2)/4$  として計算するため大動脈径(D)の誤差は大きく心拍出量計算に影響を及ぼす。そのため大動脈径の正確な計測が必要とされるが、測定に用いる A mode echo のビームが

大動脈の中心を通過しない時や、中心を通過しても大動脈壁に垂直にあたらない時は径の正しい評価が出来ない。また大動脈径が心周期中一定であるとの仮定をしているが、実際はわずかではあるが、収縮期に増大し拡張期に減少している。径が不変であると仮定して、心周期の無差別な時期に径の測定をして心拍出量を計算すると、3~12%の誤差がでると言われている。<sup>1)</sup>

つぎに、CWD による血流速度の測定にも問題点があると言える。CWD で速度を測るとビーム内の最大速度を計測してしまう。もし大動脈内の血流速度が中心部と壁の間際で異なった場合には、中心部を流れる速い血流をその平均血流速度として感知してしまうため、実際よりも心拍出量を大きく算定する。正確な血流速度測定のためには、大動脈内の血流速度がどこでも一定であること即ち flat velocity profile であることが必要である。このように、種々の仮定のもとに成り立ってはいるが、本法が熱希釈法と良い相関を示したことは、臨床使用に応用が効くものとして期待される。インピーダンス法による NCCOM<sup>®</sup> は我々の結果では、熱希釈法とはあまり良い相関を示さなかったが、心臓カテーテル検査の患者を対象として熱希釈法と比較した報告で、 $r = 0.97$  と非常に良い相関を示したものもある。<sup>2)</sup> また、犬の実験でも熱希釈法と  $r = 0.92$  の相関を示した報告もある。<sup>3)</sup> 従来のインピーダンス法は運動負荷時の大きな心拍出量の増加には追従できないと言われていた。我々は、手術中の患者を対象としており、心臓カテーテル検査の患者よりも心機能の変化が激しいと考えられるので、そのために相関が良くなかったとも考えられる。しかし、NCCOM<sup>®</sup> は従来のものより安定しており、運動負荷時の心機能評価にも有効との報告もある。<sup>4)</sup> 精度にやや難があるとの意見もあるが、心拍出量の相対的変動をみる上からは信頼度が高いとするものもある。<sup>5)</sup> その点からすれば、十分に術中の心拍出量モニターとして応用できるものと考えられる。だが、最近の手術では、電気メスを使用する場合がほとんどであるため、胸部に高周波数・定常低電流を印加するインピーダンス法は、この影響を受け不安定になることは避けられない。ま

た、肺水腫や胸水貯留などの胸部内に異常に水分が貯留する病態においては、胸部基本抵抗 ( $Z_0$ ) の低下がみられ、正しい心拍出量の評価が難しいといわれる。<sup>6)</sup> 種々の問題点があるとはいえ、非観血的に連続的に心拍出量のモニターができることは非常に魅力であるため、症例を選んで用いれば心拍出量の相対的変化のモニターとして有効と思われた。

## 結 語

超音波ドップラー法とインピーダンス法による心拍出量測定をそれぞれ Ultra COM<sup>®</sup> と NCCOM<sup>®</sup> を使用して熱希釈法と比較した。Ultra COM<sup>®</sup> は熱希釈法と良い相関 ( $r = 0.86$ ) を示し、術中心拍出量モニターとして有効と思われた。NCCOM<sup>®</sup> は熱希釈法との相関係数は  $r = 0.55$  と高くはないものの、術中心拍出量の相対的変化のモニターとして応用できると思われた。

## 引用文献

- 1) Lee L. Huntsman, Ph. D., Douglas K. Stewart, M. D., Stephen R. Barnes, B. S. E. E., Seth B. Franklin, B. S., John S. Colocousis, M. D., and Eugene A. Hessel, M. D.: Noninvasive Doppler Determination of Cardiac Output in Man: Clinical Validation. *Circulation* 67, No. 3 p. 593~602, 1983.
- 2) 松浦雄一郎, 田村陸奥夫, 山科秀機, 肥後正徳, 藤井隆典: 新しく開発された NCCOM (Noninvasive Continuous Cardiac Output Monitor) による心拍出量測定の評価: 呼吸と循環, 31巻9号, p. 973~977, 1983.
- 3) Alfonso Miyamoto, M. D., B. Bo Sramek: Evaluation of Noninvasive Continuous Cardiac Output Monitor (NCCOM) on dogs: The Sixth International Conference on Electrical Bioimpedance, 1983, YUGOSLAVIA.
- 4) 箱島 明, 長江恒幸, 平山哲三, 山口 寛, 北村昌之, 山田 充, 石丸 新, 小池荘介, 古川欽一, 高橋雅俊: 運動負荷試験による僧帽弁疾患術前後の心機能評価, 第15回心臓血管外科学会, 1985, 金沢.
- 5) Boer, P., Roos, J. C. and Dorthout Mees, E. J.: Measurement of Cardiac Output by Impedance Cardiography under Various Condition. *Amer. J. Physiol.* 6: p. 491~496, 1979.
- 6) 吉良枝郎, 伊藤阿耶雄: Impedance Plethysmography. 呼吸と循環, 22巻9号, p. 4~13, 1974.

## Evaluation of two noninvasive cardiac output monitors, UltraCOM® : and MCCOM® : Comparison with thermodilution method

Akira Suzuki, Harutaka Uematu, Michio Yamamoto

Department of Anesthesiology, Gifu University School of Medicine  
40 Tukasamachi, Gifu City, 500, Japan

Two noninvasive technics of cardiac output measurement were compared with thermodilution method (TD). In 5 patients, 23 intraoperative cardiac outputs were measured by TD and Continuous wave Doppler method (CD), using Ultra COM®, Lawrence Medical Systems, Inc. There was a significant correlation between TD and CD

( $r=0.86$ ,  $p<0.01$ ). In 4 surgical patients, 39 cardiac outputs were measured by TD and Impedance cardiography(IC), using NCCOM®, BoMed Medical Manufacturing, Ltd. The correlate coefficient of 39 measurements was 0.55. Ultra COM® seems to be a very useful instrument as the intraoperative monitor of cardiac output.

**Key ward:** Cardiac output, Noninvasive techniques, Thermodilution, Intraoperative monitoring