

原著

## 冠血行再建術における Transtracheal Doppler 法による心拍出量の測定の有用性

高橋 薫\* 野村 実\* 近藤 泉\*  
曾根 依子\* 白井 希明\* 藤田 昌雄\*

### 要 約

Transtracheal Doppler (TTD) 法は、気管内チューブの先端の超音波トランスデューサより発生するドプラにより、非侵襲的に、かつ連続的に心拍出量を測定することができる。

今回、10例の冠血行再建術症例に使用し、熱希釈法と TTD 法による心拍出量の測定を、挿管後、執刀後、胸骨切開後、内胸動脈剥離15分後、30分後、45分後、人工心肺離脱後に行い、両者の相関を比較検討した。その結果、相関係数は挿管後0.953、執刀後0.891、胸骨切開後0.984、内胸動脈剥離15分後0.606、30分後0.731、45分後0.916、人工心肺離脱後0.880であった。本法は、熱希釈法との併用により、心拍出量の連続的な変化を知ることができ、心臓外科手術において有用であると考えられた。

### 序 文

臨床における心拍出量の測定は熱希釈法が主流となっているが、肺動脈カテーテルの挿入には様々な合併症が報告されている<sup>1)2)</sup>。今回、気管内チューブの先端についたドプラ端子により、連続的、非侵襲的に心拍出量を測定できる装置 (Transtracheal Doppler) (図1) を冠血行再建術中に使用する機会を得たので、その精度について報告する。

### 対象及び方法

対象は、予定冠血行再建術患者10名である。年齢 $60.5 \pm 7.4$ 歳 (平均 $\pm$ 標準偏差)、駆出率 $56.6 \pm 7.5\%$  (平均 $\pm$ 標準偏差)、左室拡張終期圧 $12.5 \pm 2.7$  mmHg (平均 $\pm$ 標準偏差) であった。前投薬は、就眠時トリアゾラム 0.5 mg 経口、入室2時間前にペントバルビタール 50 mg 経口、

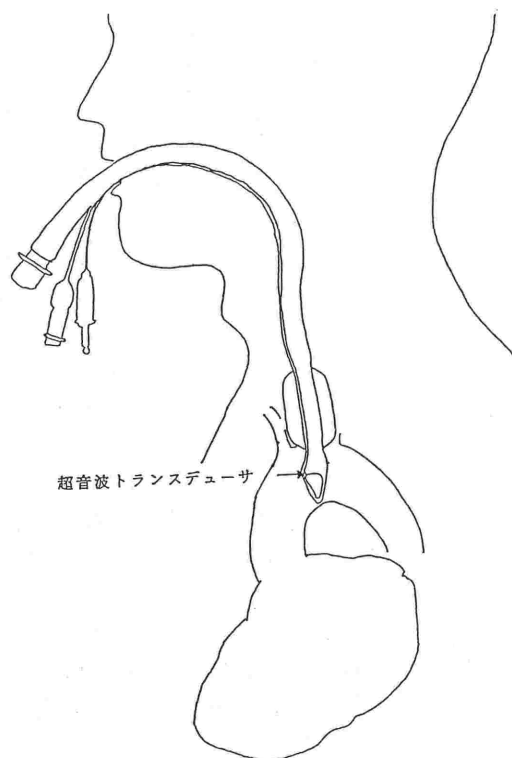


図1

\*東京女子医科大学麻酔学教室

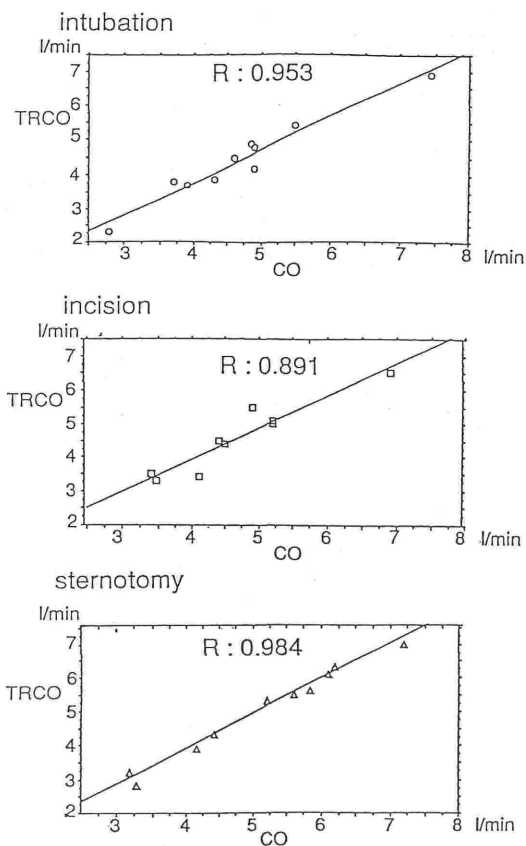
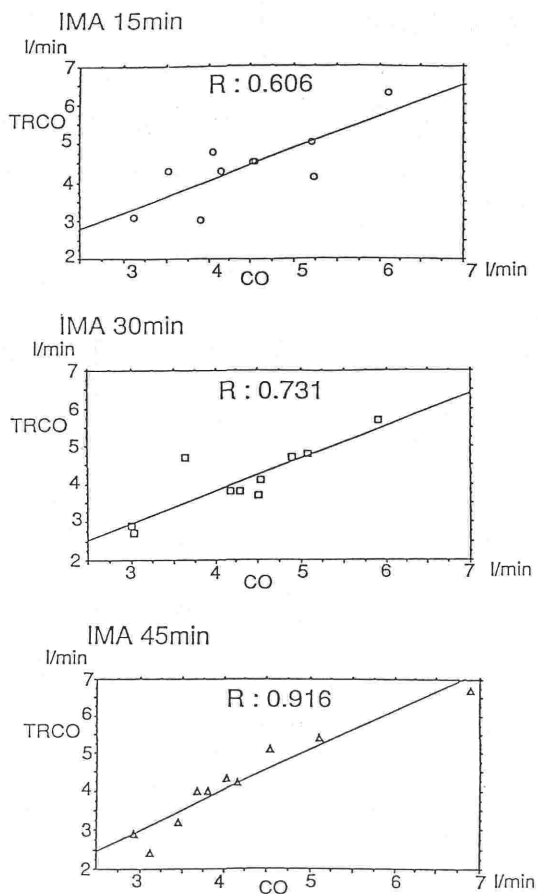


図2 挿管後、執刀後、胸骨切開後の CO と TRCO との相関

30分前に硫酸アトロピン 0.5 mg, 塩酸メペリジン 50 mg を筋注した. 入室後, 静脈ライン, 橈骨動脈圧ラインを確保した後, 右内頸静脈よりスワングアンツカテーテル (バクスター社製 7.5Fr. VIP®) を挿入した. 麻酔導入は, ジアゼパム 2.5~10 mg, フェンタニール 30  $\mu\text{g}/\text{kg}$  で行い, パンクロニウム 0.15 mg/kg 投与後にドブラ端子の付いた気管内チューブを挿管した. 麻酔の維持には適宜フェンタニールおよびエンフルレンを投与した.

気管内挿管後, ドブラによる血流の青いシグナルが最高になる位置を決定し, 両肺野を聴診した後, チューブを固定した. 十分なシグナルが得られない症例は, 対象から除外した.

ドブラ超音波情報を処理するための電子装置は,

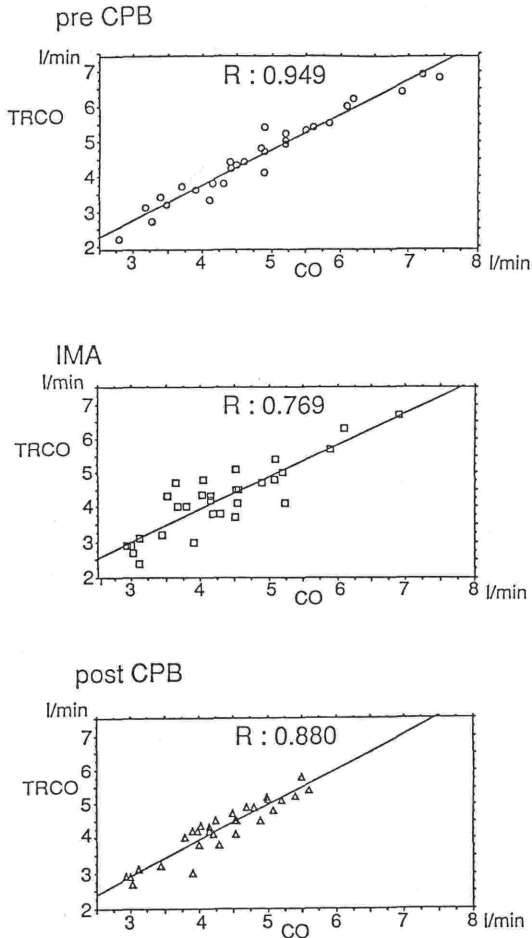


CO : Cardiac Output by thermodilution  
 TRCO : Cardiac Output by transtracheal Doppler  
 IMA : 内胸動脈剥離  
 R : 相関係数

図3 内胸動脈剥離時の CO と TRCO との相関

Applied Biometrics 社の ABCOM 心拍出量コンピュータを使用した. この装置は, 周波数 5 mHz でパルスドプラモードで作動する.

測定時期は, 挿管後, 執刀後, 胸骨切開後, 内胸動脈剥離15分後, 30分後, 45分後, 人工心肺離脱後に行い, 熱希釈法と TTD 法による心拍出量の相関係数を比較検討した. 熱希釈法による心拍出量の測定には, COM-2® (バクスター社製) を使用した. 常温の 5%ブドウ糖液を使用し, CO-SET® (バクスター社製) を用いて注入した. 近似した2回又は3回の平均値を測定値とした.



CO : Cardiac Output by thermodilution  
 TRCO : Cardiac Output by transtracheal Doppler  
 IMA : 内胸動脈剥離  
 CPB : 人工心肺  
 R : 相関係数

図4 人工心肺前, 内胸動脈剥離時, 人工心肺後の CO と TRCO との相関

## 結 果

TTD 法と熱希釈法による心拍出量の測定値間の相関係数を図2-4にまとめた。

### I. 挿管後, 執刀後, 胸骨切開後 (図2)

相関係数は, 挿管後0.953, 執刀後0.891, 胸骨切開後0.984であった。

### II. 内胸動脈剥離開始15分後, 30分後, 45分後 (図3)

相関係数は, 内胸動脈剥離開始15分後0.606, 30分後0.731, 45分後0.916であった。

### III. 人工心肺前 (挿管後~胸骨切開後), 内胸動脈剥離中 (内胸動脈剥離15分後, 30分後, 45分後), 人工心肺後 (図4)

人工心肺前の相関係数は, 0.946と良好であった。しかし, 胸骨吊り上げ後の内胸動脈剥離時には, 相関係数は, 0.769と低下した。人工心肺後の相関係数は, 0.880であり, 人工心肺前よりは低下したが, 内胸動脈剥離中よりは, 良い相関が得られた。

## 考 察

心臓手術における心拍出量の測定の重要性は十分確立されており, その測定には, 熱希釈法, 指示薬希釈法, Fick 法, インピーダンス法, 経食道ドプラ法など<sup>1)2)</sup>があるが, 何れの方法においても, ある程度の侵襲が加わる。それらに比して, TTD 法の最大の長所は, 非侵襲的であるという点である。

TTD チューブは, 先端に 5 mm 径の 5 MHz で作動するように作られた超音波トランスデューサが組み込まれている。このトランスデューサはチタン酸ジルコン酸鉛ピエゾ電気クリスタル製で, 塩化ポリビニール容器に組み込まれ, 気管内チューブの縦軸に対し, 一定の角度を保つようにしてある。

TTD 法は, ドプラ効果を利用して, 大動脈径及び上行大動脈血流速度を測定し, 血管の断面積と血流速度を乗ずることにより, 心拍出量を求めている<sup>1)2)</sup>。TTD 法においては, 超音波ビームと上行大動脈の血流とのなす角度を $52.4^{\circ}$ <sup>1)2)</sup>と仮定している。パルス状に発射する, 超音波の受信間隔の変化により, 大動脈径を測定しているため, 気管と上行大動脈の位置関係によっては, TTD 法による心拍出量は正確に測定できない<sup>3)4)</sup>事になる。測定は, 大動脈弓部の起始部の上行大動脈で行われているが, これは, 上行大動脈と気管との位置関係が, 下行大動脈と食道の場合よりも, より一定である<sup>1)</sup>ためである。しかし, より良い測定値を得るために, ドプラのプロブは気管分岐部近くに留まるように, チューブを十分に深く挿入しなければならない。それに伴い, 片肺挿管になる危険性もあり, 低酸素血症の発生にも十分に注意する必要がある。そのために動脈血酸素飽和度の持続的なモニタリングも必要と思われる。

また、超音波は、大気中で非常に減衰するので、バルーンカフにより、トランスデューサと気管の前外側壁との音響的接触を確実にしている<sup>2)</sup>。このために、適切なサイズの気管内チューブの選択が必要と思われる。

今回の人工心肺前における熱希釈法と TTD 法による心拍出量相関係数は良好であるが、内胸動脈剥離中の相関係数は低下している。また、人工心肺後は、内胸動脈剥離中よりは、良い相関係数が得られているが、人工心肺前よりは低下している。これは、内胸動脈剥離のための胸骨の吊り上げにより、気管内チューブと上行大動脈の相対的な位置が変化し、血流のサンプリングが不十分になったためと考えられる。人工心肺後は、再度、較正を行っているが、心臓手術においては、頸部の位置やチューブの深さを調節するのが物理的に難しく、十分なサンプリングの位置に固定出来なかったためと考えられる。

TTD 法による心拍出量の測定は、一定の条件があれば正確度は高い。しかし、施行者の熟練度、適切なチューブサイズの選択、気管内チューブの深さの確認など麻酔科医の習熟度が必要とされる。今回の症例においても、2例は全く TTD 法による心拍出量の測定は不可能であり、確実性という意味では、熱希釈法が、勝っていると思われるが、以上の条件を十分考慮したうえで使用すれば、麻酔中の循環管理の有用な一手段になると考えられる。

## ま と め

- 1) 冠血行再建術患者に経気管内ドプラチューブを使用して、熱希釈法との相関を観察した。
- 2) 麻酔導入前においては良好な相関が得られたが、人工心肺後、内胸動脈剥離時において相関は低下した。
- 3) 心臓外科手術において、本方法は、熱希釈法との併用により、心拍出量の連続的な変化を知ることが出来ると考えられた。

本論文の要旨は、第11回日本循環制御医学会(1990, 札幌)において発表した。

## 文 献

- 1) Abrams, J. H., Weber, R. E., Holmen, K. D.: Continuous cardiac output determination using transtracheal Doppler: initial results in humans. *Anesthesiology* 71:11-15, 1989.
- 2) Abrams, J. H., Weber, R. E., Holmen, K. D.: Transtracheal Doppler: a new procedure for continuous cardiac output measurement. *Anesthesiology* 70:134-138, 1989.
- 3) 佐伯晋成, 難波健利, 中山泰典・他: 経気管的超音波ドップラー法による術中心拍出量測定. *日本臨床麻酔学会誌* 10(4): 70-74, 1990.
- 4) Huntsman, L. L., Stewart, D. K., Barnes, S. R., et al.: Noninvasive Doppler determination of cardiac output in man.: critical validation. *Circulation* 67:593-602, 1983.

## Clinical evaluation of cardiac output measured by transtracheal Doppler during coronary artery bypass surgery.

Kaoru Takahashi, Minoru Nomura, Izumi Kondo  
Yoriko Sone, Kimei Shirai and Masao Fujita

Department of Anesthesiology, Tokyo Womens' Medical College

The importance of measurement of cardiac output during cardiac operation is well recognized, and several methods for its determination exist.

Transtracheal Doppler is one of the noninvasive methods for measuring continuous cardiac output. An endotracheal tube with a 5 mm diameter ultrasonic transducer incorporated into its distal end was inserted into the trachea. The device provides ultrasound measurements of aortic diameter and blood velocity in the ascending aorta to obtain cardiac output.

We compared cardiac output obtained by transtracheal Doppler with that by thermodilution. In order to accurately measure cardiac output with transtracheal Doppler technique, it

is required that a Doppler probe tube must be inserted deep enough into the trachea, just above the carina.

The correlation coefficients of cardiac output obtained by transtracheal Doppler and thermodilution were 0.953 after intubation, 0.891 after skin incision, and 0.984 after sternal split, respectively. However, the correlation coefficients were 0.606, 0.731 and 0.916, 15 min, 30 min and 45 min after retraction of the sternum.

One of the merits of this procedure is to be able to obtain continuous cardiac output in intubated patients without an additional risk. We conclude that this method is useful for hemodynamic monitoring in intubated patients during coronary artery bypass graft operation.

**Key words:** Transtracheal Doppler, Cardiac output, Coronary artery bypass graft.