

原 著

小児における経気管ドップラー
心拍出量測定法の評価難波 健利* 中山 泰典* 佐伯 晋成*
時岡 宏明* 森田 潔* 平川 方久*

要 旨

小児における経気管内ドップラー法による心拍出量の測定の精度を調べる目的で、小児手術患者15例において心拍出量を経気管内ドップラー法 (TTD)、心エコー法 (EC) の両法で同時に測定した。両法間の相関係数は0.93で有意の相関関係が成り立ち ($p < 0.001$)、回帰直線は $TTD = 0.83EC + 0.12$ であった。また、両法間の誤差範囲は-32%から28%であった。小児における経気管内ドップラー法による心拍出量の測定は、その限界と技術に習熟すれば臨床使用上有用であると思われる。

1. はじめに

心拍出量の測定は全身麻酔中の循環管理に有用であるが、小児においては未だに適当な方法がない。近年、経気管内ドップラー法による心拍出量の測定が小児においても試みられるようになった。経気管ドップラー法は気管内チューブの先端に取付けた超音波トランスジューサーにより、まず上行大動脈径を、つづいて上行大動脈内の血流速度を測定し、上行大動脈径より求めた断面積と血流速度の積より心拍出量を計算する方法である¹⁾。われわれは小児における経気管内ドップラー法の精度を調べる目的で、経気管内ドップラー法 (TTD 法) により測定した心拍出量を心エコー法 (EC 法) により測定した値と比較したので報告する。

2. 対象と方法

対象は、小児予定手術患者15例である (Table 1)。全例、ASA リスク分類でクラス1であった。麻酔は G-O-Sevoflurane で緩徐導入し、超音波トランスジューサー付き気管内チューブをもちいて挿管した。使用気管内チューブは超音波トランスジューサーによるチューブの膨らみを考慮して標準サイズより内径が 0.5 mm 細いものを使用した。気管内チューブの位置は、ドップラーシフトが最大になるよう、深さと頭部の回施により決定した。導入後、循環動態の安定を待って、まず

Table 1 対象患者一覧

No.	AGE years	SEX	WEIGHT (Kg)	TUBE # (mm)
1	1	M	9	4
2	0.6	M	10	3.5
3	3	F	13	4
4	4	M	17	4
5	0.3	F	6	3
6	0.4	F	7	3
7	8	M	23	5
8	5	M	21	4.5
9	9	F	25	5.5
10	5	M	19	4.5
11	1	F	11	3.5
12	1	M	12	3.5
13	7	F	17	5
14	1	M	11	3
15	2	M	14	3.5
Mean	3.2		14.1	
SD	3.1		5.83	

*岡山大学医学部麻酔・蘇生学教室

EC 法より心拍出量の測定を行い、引きつづき TTD 法による測定を行なった。

EC 法による測定は、胸骨左縁第3または第4肋間より左室長軸断面図を描出し、腱索レベルでビームが中隔と左室後壁にできるだけ直交するようにMモードスキャンを行ない、拡張終期と収縮終期の短軸径より、Teichholz 法²⁾を用いて計算した。TTD 法による心拍出量の測定は36秒間行ない、その平均値をとった。

TTD 法の精度は EC 法で求めた値との相関関係と、Altman と Bland の方法³⁾で求め、危険率 0.05未満をもって有意差ありとした。

3. 結 果

TTD 法によりもとめた心拍出量を縦軸に、EC 法による心拍出量を横軸に示した。(Fig. 1) 両者の間の相関係数は0.93と有意な相関が得られ($p < 0.001$)、両者の間には $TTDCO = 0.83ECO + 0.12$ という回帰式が成立した。

Fig. 2 は TTD 法の EC 法に対する精度を Altman と Bland の方法で表したものである。TTD 法と EC 法で求めた心拍出量の差は -0.05 ± 0.08 (Mean \pm SD) であった。精度限界 (Limitation of agreement, Mean \pm 2SD) は -0.21 より 0.11 で、この値を逆対数変換して求めた TTD 法の誤差範囲は -38% から 28% であった。

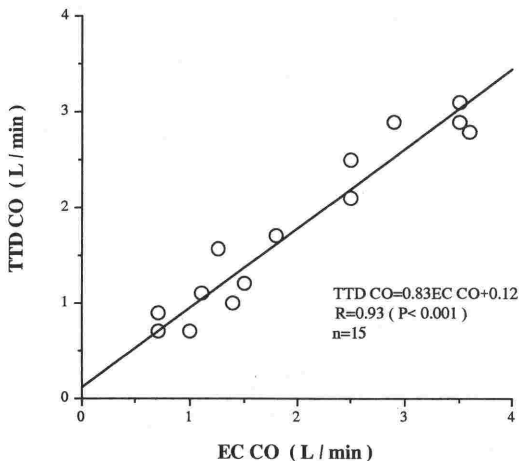


Fig. 1 TTD 法と EC 法による心拍出量の比較
TTD CO : 経気管ドップラー法による心拍出量
ECGO : 心エコー法による心拍出量

4. 考 察

TTD 法や EC 法で求めた心拍出量は、その値が大きくなるにしたがって測定誤差の絶対値も大きくなると考えられる。このため Altman と Bland の方法による精度限界を求めるにあたり、測定値の対数変換を行なった。このようにして求めた両者の差の誤差範囲は -32% より 28% であった。従って、TTD 法と EC 法で求めた間には強い直線関係 ($R = 0.93$, $p < 0.001$) があるというものの、TTD 法は EC 法に比べると心拍出量を 32% まで低くみつめるか、または 28% まで高くみつめる可能性がある。

Altman と Bland の方法で求めた場合、EC 法と比べた TTD 法の誤差が比較的大きい原因として、TTD 法によると小児では大動脈径が細いので、超音波ビームにわずかなずれを生じて、容易に上行大動脈径を小さくみつめやすいことが考えられる。その場合、上行大動脈半径の2乗に比例する心拍出量も過小評価される。反対に、EC 法では心臓の長軸に対して正確に直角に短軸径を測定することは難しく、短軸径を斜に計測しやすい。その場合、心室容積は過大に評価され、結果として心拍出量も過大評価されやすくなる²⁾。従って、過小評価しやすい方法と過大評価しやすい方法を比べた場合にはその差の標準偏差は大きくなるものと思われる。

成人においては TTD 法は熱希釈法と比較した結果がでている。Abram¹⁾ や佐伯⁴⁾ らは TTD 法と熱希釈法の間に有意の相関関係を認め、絶対値も良く一致したとして、有用であるとしているが、一方、Siegel⁵⁾ らは TTD 法と熱希釈法の間には値の一致がみられなかったと報告している。今回の我々の結果は佐伯や Abram らと一致するもの

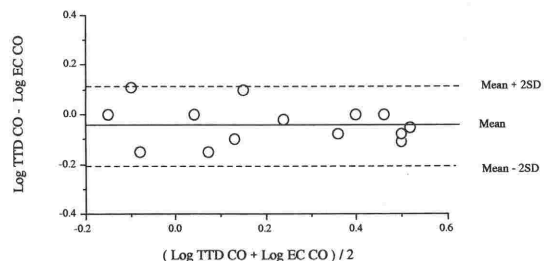


Fig. 2 TTD CO と ECGO の平均値と TTD CO と ECGO の差との関係

であった。Siegel らとの違いはおそらく対象患者によるものと思われる。Siegel らは心臓または大血管手術中の患者を対象とした。そのような患者では大動脈の変形や血流速度の分布異常がおこって TTD 法の精度に影響を与えたものと思われる⁶⁾。

TTD 法は、気管と上行大動脈の解剖学的位置関係、上行大動脈の血流を正しくとらえるための習熟度などその精度に与える影響はいくつかあるが⁴⁾、しかし、現在、心拍出量の測定法の基準とされている熱希釈法による心拍出量の測定が、22%前後の誤差を含んでいるにもかかわらず、臨床で使用されていること⁷⁾、現在、小児においては適切な心拍出量のモニターがないこと、また、われわれが測定した値の範囲では TTD 法と EC 法の間には0.93の高い相関関係が得られたことより TTD 法による心拍出量の測定は臨床の場で充分活用できると思われる。

5. ま と め

小児手術患者で EC 法と比べることにより、TTD 法の精度を調べた。TTD 法は誤差をうむ要因を持ってはいるが、その限界を知り、その手

技に習熟すれば充分小児手術中の心拍出量のモニターとして利用しうるとと思われる。

参 考 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) 藤井諄一: 心エコー法による心機能の評価: 心エコー法, 南江堂, 東京, 69-81, 1985.
- 3) Bland, J. M., Altman, D. G.: Statistical methods for assessing agreement two methods of clinical measurement. *Lancet* 1:307-310, 1986.
- 4) 佐伯晋生, 難波健利, 中山泰典 et al.: 経気管的超音波ドップラー法による術中心拍出量の測定. 日本臨床麻酔学会誌 Vol. 10, 4:374-378, 1990.
- 5) Siegel, L. C., Fitzgerald, D. C., Engstrom, R. H.: Simultaneous Intraoperative Measurement of Cardiac Output by Thermodilution and Transtracheal Doppler. *Anesthesiology* 74:664-669, 1991.
- 6) Wong, D. H., Tremper, K. K., Stemmer, E. A., et al.: Noninvasive Cardiac Output: Simultaneous Comparison of Two Different Methods with Thermodilution. *Anesthesiology* 72:784-792, 1990.
- 7) Stetz, C. W., Miller, R. G., Kelly, G. E., et al.: Reliability of the thermodilution method in the determination of cardiac output in clinical practice. *Am Rev Respir Dis* 126:1002-1004, 1982.

Noninvasive Cardiac Output Measurement in Pediatric Patient during General Anesthesia: Comparison between Transtracheal Doppler and Echocardiograph

Taketoshi Namba, Yasunori Nakayama, Shinsei Saeki
Hiroaki Tokioka, Kiyoshi Morita and Masahisa Hirakawa

Department of Anesthesiology and Resuscitology,
Okayama University Medical School

In order to evaluate the accuracy of cardiac output (CO) measured by transtracheal doppler (TTD) in pediatric patients, intraoperative measurement of CO by TTD was compared with that by echocardiograph (EC). CO was measured simultaneously with both methods in 15 pediatric patients under general anesthesia. The correlation coefficient of TTFCO to ECCO was 0.93 ($p < 0.001$) and linear regression yielded following equation $TTDCO = 0.83ECCO + 0.12$. The average of the difference between

log-transformed values made with the two methods was -0.05 , with the standard deviation 0.08 . The limitation of agreement was -0.21 to 0.11 . The antilog-transformed values of the limitation of agreement was 0.62 to 1.28 . These data indicate that the relationship between values measured by two methods is strong and the error of TTDCO was -38% to 28% compared with ECCO. We conclude that TTD is a useful monitoring during pediatric patients under general anesthesia.

Key words: Transtracheal Doppler. Echocardiograph. Pediatric Anesthesia. Cardiac Output.