

原 著

BioZ.com™を用いた胸郭インピーダンス法による
心拍出量測定は心臓手術に有効か？山下 幸一*, 横山 武志*, 阿部 秀宏*
北岡 智子*, 西山 友貴**, 真鍋 雅信*

要 旨

胸郭インピーダンス法を用いた心拍出量測定は、非侵襲的かつ1心拍ごとの測定が可能であるなど、その有用性は高い。しかし、胸郭のインピーダンスが外的な要因で変化する場合、必ずしも心拍出量を正確に反映しない可能性がある。そこで今回、心臓手術時に胸郭インピーダンス法と肺動脈カテーテル法による心拍出量測定を比較検討した。胸郭インピーダンス法による心拍出量は手術前後いずれの時期にも肺動脈カテーテル法による心拍出量と良い相関は認められなかった。従って心臓手術の周術期管理には役立たないことが示唆された。

はじめに

心拍出量測定は、重症患者の循環動態の把握とその病態の解析、そして診断・治療方針の決定に必要なモニタである。しかし、従来から用いられている肺動脈カテーテルによる心拍出量測定は侵襲が大きく、また急激な循環変動を評価することが困難であるなどの問題を有している。これに対し、胸郭インピーダンス法による心拍出量測定は、非侵襲的、1心拍ごとの測定が可能、また、経済的であるなどの利点を有している。そこで、今回胸郭インピーダンス法による非侵襲的心拍出量測定が、心臓手術患者の周術期管理に有効か否かを

肺動脈カテーテルで測定した心拍出量と比較検討した。

対象と方法

口頭での説明の後、書面にて承諾を得た、予定冠動脈バイパス手術患者10名 (ASA physical status II, 年齢 78 ± 7 歳 (平均 \pm 標準偏差), 身長 153 ± 9 cm, 体重 55 ± 7 kg, 性別 男:女 = 7:3) を対象とした。橈骨動脈にカテーテルを挿入した後、フェンタニル $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、ミダゾラム $0.2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、ベクロニウム $0.15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ で全身麻酔を導入した後、右内頸静脈より肺動脈カテーテルを挿入し、BioZ.com™ (Cardiodynamics 社製) と Vigilance™ (Edwards Lifesciences 社製) を装着した。測定は、①麻酔導入後執刀前、②手術終了直後、③手術終了12時間後の呼吸・循環動態が安定した3点で各10回行った。相関係数は Statview 5.0 (SAS Institute, Chicago, IL) を用いて求めた。

結 果

BioZ.com™ と Vigilance™ で測定した心拍出量は、麻酔導入後執刀前 $1.7 \sim 2.3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.0 \sim 2.7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (範囲)、手術終了直後 $1.1 \sim 3.1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $1.9 \sim 4.0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、手術終了12時間後 $1.7 \sim 3.1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $2.3 \sim 3.9 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ であった。BioZ.com™ (Y) と Vigilance™ (X) で測定した心拍出量の間には、①麻酔導入後執刀前、 $y = 0.891 + 0.408x$; $r = 0.366$ 、②手術終了直後、 $y = 0.771 + 0.478x$; $r = 0.559$ 、③手術終了12時間後、 $y = 0.592 + 1.057x$;

*高知大学医学部医学科器官制御学講座麻酔・救急・災害医学教室

**東京大学大学院医学系研究科外科学専攻生体管理医学講座麻酔学教室

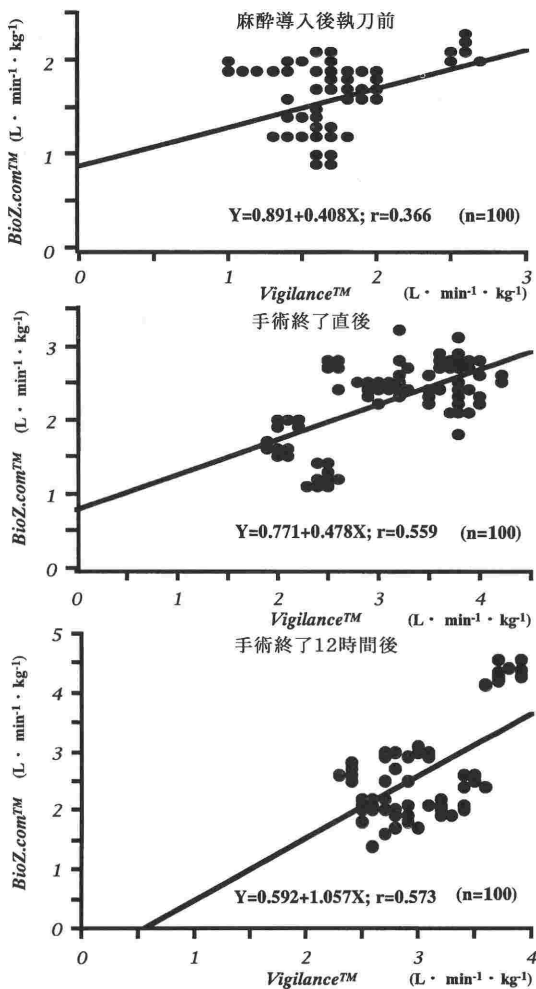


図1 各測定時点での相関関係

$r=0.573$ の関係が認められた (図1)。

考 案

胸郭インピーダンスから、心拍出量を求める原理は、1950年に Nyboer ら¹⁾により考案され、1970年に Kubicek ら²⁾が高周波電流を胸郭に流して得られる胸郭インピーダンスの変化から心拍出量計測を行う可能性を見出した。それ以来、基礎・臨床医学やスポーツ医学領域で広く応用されている。また、胸郭インピーダンス法による心拍出量測定は、迅速・簡便で非侵襲的であることから臨床その有用性は高い。しかし、測定値の安定性や正確性に関しては議論が多く^{3~8)}、測定対象を限定する必要があると考えられる。特に、周術期

に心拍出量測定が必要と考えられる心臓外科手術においては、術前・術後に胸郭インピーダンスが変化する要因が多数ある。しかし、それらの影響に関しては検討されていない。今回の検討では、術前から術後にかけてインピーダンス法と肺動脈カテーテルによる測定値の相関関係が強くなる傾向は認められたが、相関係数 (r) はいずれも低値を示した。麻酔導入後執刀前においても強い相関関係を認めなかったことは注目に値すると考えられる。胸郭インピーダンス法による心拍出量測定は、人工呼吸管理下⁹⁾や心臓外科手術後心機能が低下した症例¹⁰⁾において信頼性が低いと報告されている。執刀前においても、①多数の非観血的または観血的モニタが装着されていること、②麻酔導入により心拍出量が減少、あるいは不安定になっていたこと、③筋弛緩薬を用いた人工呼吸管理下であることなどにより胸郭インピーダンスが変化した肺動脈カテーテルによる心拍出量と良い相関を示さなかったと考えられた。術後は胸骨正中切開に伴う金属性のワイヤやシリコン製のドレーンが多数挿入されており、胸郭インピーダンスに強く影響を及ぼしているため測定値の信頼性は低くなるものと考えられる。今回の検討では、10症例と症例数が少ないために良い相関関係が得られなかった可能性も否定できないが心臓手術の周術期においては胸郭インピーダンス法による心拍出量の測定の信頼性が低くなる可能性が示唆された。

稿を終えるにあたり BioZ.com™ を試用する機会を与えていただきました日本 GE マルケットメデイカルシステム株式会社 (東京) に深謝いたします。

本論文の要旨は、第24回日本循環制御医学会総会 (2003年、豊中市) にて発表した。

文 献

- 1) Nyboer J, Kreider MM, Hannapel L : Electrical impedance plethysmography - A physical and physiologic approach to peripheral vascular study. *Circulation* 2 : 811, 1950
- 2) Kubicek WG, Patterson RP, Witsoe DA : Impedance cardiography as a non-invasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system. *Ann NY Acad Sci* 170 : 724-732, 1970
- 3) Preiser JC, Dapar A, Parquier JN, et al : Transthoracic electrical bioimpedance versus thermodilution technique for cardiac output measurement during mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 15 : 221-223, 1989

- 4) Wong DH, Tremper KK, Stemmer EA, et al : Non-invasive cardiac output: simultaneous comparison of two different methods with thermodilution. *Anesthesiology* 72 : 784-792, 1990
- 5) Ekman LG, Milsom I, Arvidsson S, et al : Clinical evaluation of an ensemble-averaging impedance cardiograph for monitoring stroke volume during spontaneous breathing. *Acta Anaesth Scand* 34 : 190-196, 1990
- 6) Woo MA, Hamilton M, Stevenson LW, et al : Comparison of thermodilution and transthoracic electrical bioimpedance cardiac outputs. *Heart Lung* 20 : 357-362, 1991
- 7) Jewkes C, Sear JW, Verhoeff F, et al : Non-invasive measurement of cardiac output by thoracic electrical bioimpedance: a study of reproducibility and comparison with thermodilution. *Br J Anaesth* 67 : 788-794, 1991
- 8) Clancy TV, Norman K, Reynolds R, et al : Cardiac output measurement in critical care patients: thoracic electrical bioimpedance versus thermodilution. *J Trauma* 31 : 1116-1121, 1991
- 9) Imhoff M, Lehner JH, LOhlein D : Noninvasive whole-body electrical bioimpedance cardiac output and invasive thermodilution cardiac output in high-risk surgical patients. *Crit Care Med* 28 : 2812-2818, 2000
- 10) Shoemaker WC, Belzberg H, Wo CCJ, et al : Multicenter study of noninvasive monitoring systems as alternatives to invasive monitoring of acute ill emergency patients. *Chest* 114 : 1643-1652, 1998

Is the Thoracic Electrical Bioimpedance Method by the BioZ.com™ Useful to Measure Cardiac Output in Cardiac Surgery ?

Koichi Yamashita*, Takeshi Yokoyama*, Hidehiro Abe*, Noriko Kitaoka*
Tomoki Nishiyama***, Masanobu Manabe*

*Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine, Kochi Medical School, Kochi, Japan

**Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

Purpose ; The thoracic bioimpedance method (TBI) is thought to be useful to measure cardiac output continuously and non-invasively. In this study, the usefulness of TBI using BioZ.com™ (CardioDynamics International Corp.) in cardiac surgery was examined in comparison with continuous thermodilution methods (CCO) using Vigilance™ (Edwards Lifesciences LLC).

Methods; Cardiac output was continuously measured by both TBI and CCO in 10 patients (ASA risk II) undergoing elective coronary artery bypass grafting. Data were collected (1) after intubation but before incision; (2) after surgery; and (3) 12hrs after surgery,

when hemodynamics were stable.

Results; Cardiac output measured by TBI and CCO were ranging (1) 1.7 to 2.3 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ and 1.0 to 2.7 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, (2) 1.1 to 3.1 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ and 1.9 to 4.0 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, (3) 1.7 to 3.1 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ and 2.3 to 3.9 $\ell \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. And, correlations between cardiac output measured by TBI (Y) and CCO (X) were (1) $y = 0.891 + 0.408 x$; $r = 0.366$, (2) $y = 0.771 + 0.478 x$; $r = 0.559$, and (3) $y = 0.592 + 1.057 x$; $r = 0.573$.

Conclusions; In cardiac surgery, TBI might be useless to measure cardiac output because it did not have a good correlation with CCO.

Key words : Thoracic electrical bioimpedance, Cardiac surgery, Thermodilution catheter, Non-invasive measurement

(Circ Cont 24 : 371~373, 2003)