

開胸術における連続心拍出量測定装置と 冷却水注入法との比較

—その有用性について—

坂本 三樹*, 舘田 武志*, 青木 正*
島田 厚**, 長田 博昭**

要 旨

開胸術における連続心拍出量測定装置による心拍出量値 (CCO) は, 体位変換及び開胸に伴う手術操作が加わるため測定値に誤差が生じると考えられる。我々は, 体位変換時と開胸前後・分離換気時の連続心拍出量測定装置による CCO と冷却水注入法による心拍出量値 (BCO) の測定を行い比較検討した。CCO と BCO の相関は閉胸時に最も良好 ($r=0.92$ $p<0.001$) で開胸時には不良 ($r=0.36$ $p=0.30$) であった。開胸術における CCO のモニタリングは手術操作および時間的差異による変動が大きく循環動態の評価には注意が必要であると思われた。

はじめに

連続心拍出量測定用のサーモダイリユーション・カテーテル (Baxter 社製) は, 従来の冷水を注入する熱希釈法による心拍出量測定と高い相関が得られたという報告が多い¹⁻⁷⁾。その特徴としてサーマルフィラメントにより持続的に加熱し熱希釈で心拍出量を算出し, 数分間の心拍出量値の平均を表示するものである。したがって測定時に物理的的刺激が加わったり, 循環動態の変動が激しい症例においては誤差を生じると考えられる。今回我々はカテーテルに対する物理的的刺激が多いと考えられる開胸下肺葉切除術において, 精度及び信頼度

を検討するため体位変換時・開胸前後・分離換気時の連続心拍出量測定装置による心拍出量値 (以下 CCO) と冷却水注入法による心拍出量値 (以下 BCO) を比較したので報告する。

方 法

ASA risk 分類 I ~ II の開胸下肺葉切除術施行症例を対象とした。麻酔方法は前投薬として硫酸アトロピン 0.01 mg/kg, 塩酸ベチジン 1 mg/kg を筋肉内投与後入室, 胸部硬膜外カテーテルを Th 7/8 間より挿入後フェンタニール及びプロポフォルで麻酔を導入し, 左または右分離換気用気管内チューブ (ブロンコキャス: マリンクロット社製) を挿管した。麻酔維持は 1 ~ 1.5% メピバカインによる胸部硬膜外麻酔併用, 酸素・亜酸化窒素・フェンタニール・プロポフォルで管理した。開胸時の測定は両肺換気で, 分離換気時には片肺換気で開胸側は Jet-Ventilation を行った。PaO₂ 100 mmHg 以上, PaCO₂ 30 ~ 35 mmHg となるよう換気条件を設定した。右内頸静脈より Baxter 社製 Swan-Ganz オキシメトリー CCO サーモダイリユーションカテーテルを挿入, Vigilance 装置にて CCO・BCO の測定を行った。BCO は 5% 糖液 10 ml 冷却水注入による通常の熱希釈法により心拍出量を 3 回測定し, その平均値とした。BCO 測定は CCO 測定後直ちに行った。なお, この測定時期は 1) 麻酔導入後仰臥位, 2) 体位変換後側臥位, 3) 開胸時・側臥位, 4) 分離換気時・側臥位, 5) 閉胸時・側臥位の 5 点で行った。術後胸部 X 線写真にてサーモダイリユーション・カ

*聖マリアンナ医科大学麻酔学教室

** 同 第三外科学教室

テータルが開胸側及び非開胸側のどちらに挿入されているかの確認を行った。統計学的処理はCCO・BCOの値をサーモダイリレーション・カテーテル先端の位置により開胸側群及び非開胸側群に分け、それぞれ回帰式及び相関係数を求めた。なおBland and Altmanの方法⁸⁾によりbiasを算出した。危険率5%未満を統計学的有意とした。

ASA risk分類I～II, 男性12名・女性10名, 年齢は66±11才, 身長は159±10 cm, 体重は56±10 kgであった。

開胸側群と非開胸側群における相関係数は開胸側群の開胸時に最も不良でr=0.36であり, 非開胸側群は分離換気時にr=0.62と最低値を示した。また, 閉胸時には開胸・非開胸側群共にr=0.92と最も良好であった(図1, 表1)。

Biasは開胸側群で麻酔導入後側臥位が, 非開胸側群では開胸時に最も大きかったが(開胸側群:

結果

開胸下肺葉切除術施行症例22例に検討を行った。

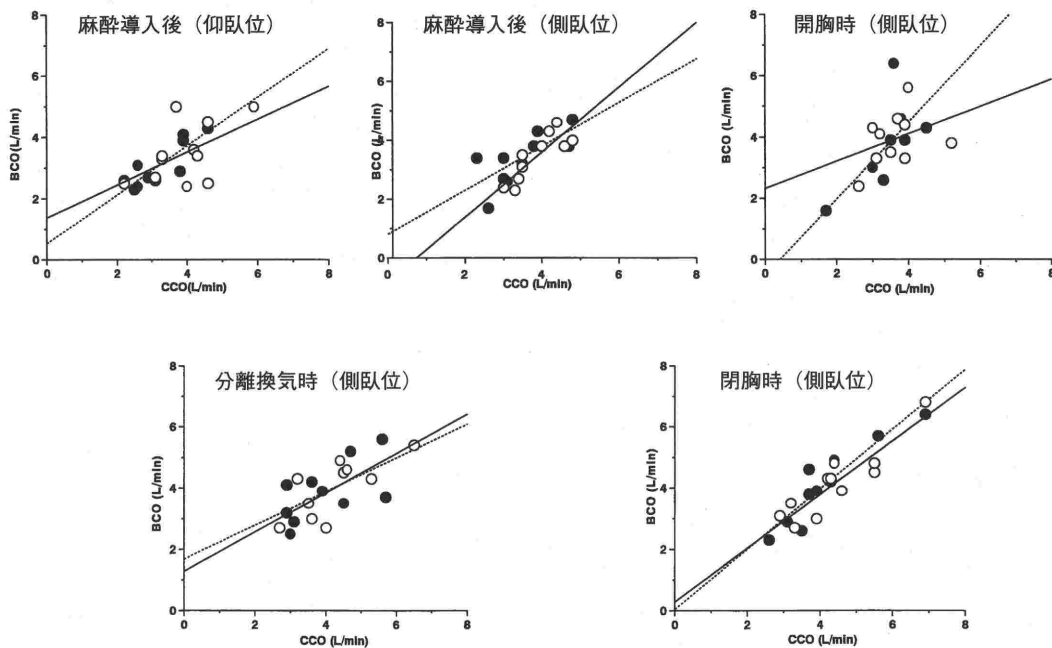


図1 各測定時期における冷却水注入法による心拍出量(BCO)と連続心拍出量測定装置による心拍出量(CCO)の比較(回帰分析)

上段左: 麻酔導入後仰臥位, 上段中央: 麻酔導入後側臥位変換後, 上段右: 開胸時(側臥位), 下段左: 分離換気時(側臥位), 下段右: 閉胸時(側臥位)

—○—: 開胸側群(サーモダイリレーションカテーテルの先端が開胸側にあるもの)
 …●…: 非開胸側群(サーモダイリレーションカテーテルの先端が非開胸側にあるもの)

表1 開胸側群と非開胸側群における相関係数と一次回帰式

	開胸側群 (n=11)	非開胸側群 (n=11)
麻酔導入後 (仰臥位)	r=0.55 y=0.55x+1.37 p=0.10	r=0.85 y=0.80x+0.53 p=0.002
麻酔導入後 (側臥位)	r=0.85 y=1.1x-0.83 p=0.002	r=0.72 y=0.75x+0.82 p=0.01
開胸時 (側臥位)	r=0.36 y=0.44x+2.33 p=0.30	r=0.71 y=1.2x-0.37 p=0.02
分離換気時 (側臥位)	r=0.74 y=0.64x+1.29 p=0.02	r=0.62 y=0.55x+1.69 p=0.06
閉胸時 (側臥位)	r=0.92 y=0.88x+0.21 p<0.001	r=0.92 y=0.99x+0.62 p<0.001

r: 相関係数

0.42, 非開胸群: -0.33), 95% Limits of Agreement は開胸側群が麻酔導入後で, 非開胸側群では開胸時に最も広がった. 開胸時および分離換気時には両群とも閉胸時に比べ95% Limits of Agreement は広がった. (図2, 3, 表2).

考 案

Vigilance 装置における CCO 測定の有用性は開心術においてすでに非常に高い相関 ($r=0.94$) が報告されており¹⁾, また ICU 及び CCU においてはよりその相関が高く⁷⁾, 心血管作動薬使用症例^{5,9)}や不整脈合併症例でも有意な相関が得られたという報告がある¹⁾. しかし, 開胸術のように手術操作による肺動脈そのものの圧迫や物理的刺激, 体位変換などにより心拍出量が急激に変化した場合, またサーモダイリューション・カテーテ

ルが肺動脈のどこに位置するかによってその即時性と精度そのものに疑問が持たれるがその報告は少ない.

Vigilance 装置の測定原理によると¹⁰⁾, サーマルフィラメントは30~60秒毎に加熱しカテーテルのサーミスタで血液温の変化を計測し, 熱希釈で心拍出量を算出後約3~6分間のデータの平均値を表示する. 開胸術においてこの原理に測定が影響をおよぼす因子として, ①体位変換 ②開胸操作 ③手術手技による肺動脈の直接操作 ④サーモダイリューション・カテーテルの肺動脈への挿入部位が挙げられる. 今回の測定ではこの体位変換と, サーマダイリューション・カテーテル挿入の部位が開胸側また非開胸側であるかによって CCO と BCO の間に差が生じるかどうかを比較検討したものである. 測定結果では, CCO と BCO

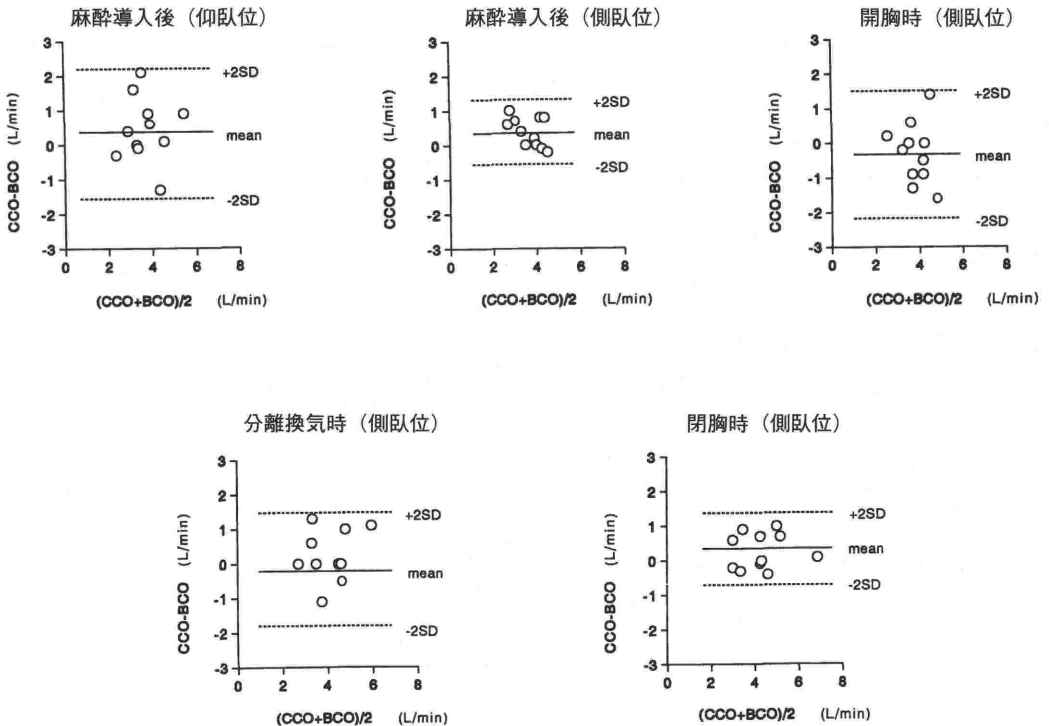


図2 開胸側群の各測定時期における冷却水注入法による心拍出量 (BCO) と連続心拍出量測定装置による心拍出量 (CCO) の比較 (mean bias と95%信頼区間)

上段左: 麻酔導入後仰臥位, 上段中央: 麻酔導入後側臥位変換後, 上段右: 開胸時 (側臥位), 下段左: 分離換気時 (側臥位), 下段右: 閉胸時 (側臥位)

mean bias: CCO-BCO, SD: 標準偏差

—○—: 開胸側群 (サーモダイリューションカテーテルの先端が開胸側にあるもの)

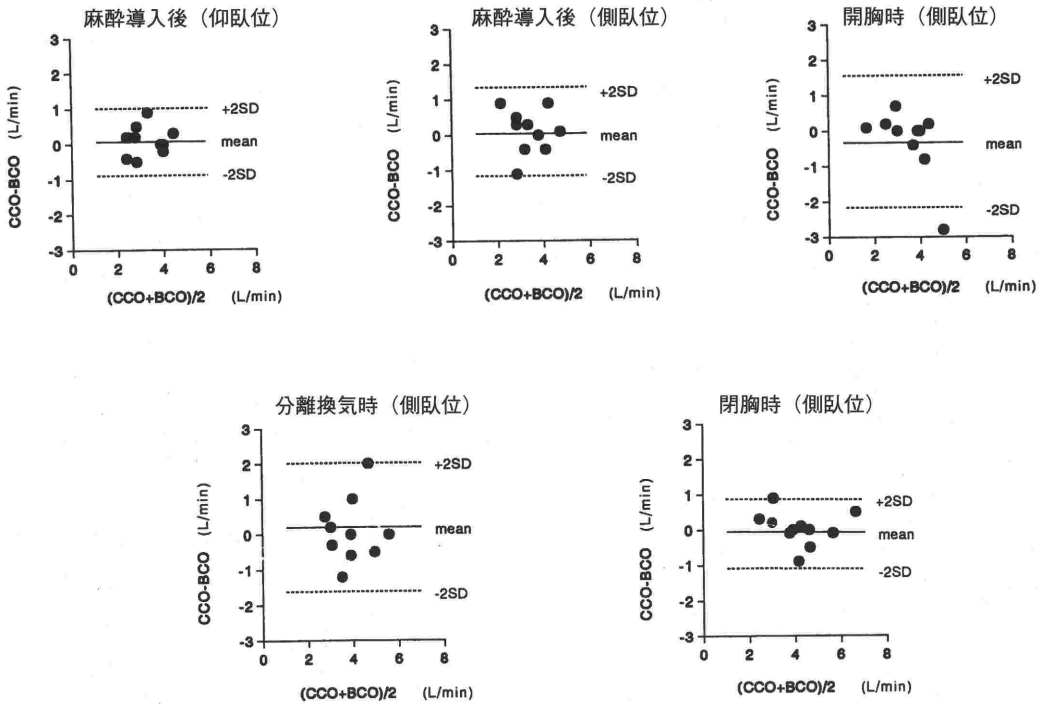


図3 非開胸側群の各測定時期における冷却水注入法による心拍出量 (BCO) と連続心拍出量測定装置による心拍出量 (CCO) の比較 (mean bias と95%信頼区間)
 上段左: 麻酔導入後仰臥位, 上段中央: 麻酔導入後側臥位変換後, 上段右: 開胸時 (側臥位), 下段左: 分離換気時 (側臥位), 下段右: 閉胸時 (側臥位)
 mean bias: CCO-BCO, SD: 標準偏差
 ●●●: 非開胸側群 (サーモダイリユーションカテーテルの先端が非開胸側にあるもの)

表2 Bias と95% Limits of Agreement

	開胸側群 (n=11)		非開胸側群 (n=11)	
	Bias(L/min)	95% Limits of Agreement (L/min)	Bias(L/min)	95% Limits of Agreement (L/min)
麻酔導入後 (仰臥位)	0.40	-1.54~2.34	0.12	-0.72~0.96
麻酔導入後 (側臥位)	0.42	-0.42~1.26	0.06	-1.16~1.28
開胸時 (側臥位)	-0.32	-2.14~1.50	-0.33	-2.21~1.55
分離換気時 (側臥位)	-0.24	-1.76~1.28	0.11	-1.69~1.99
閉胸時 (側臥位)	0.34	0.64~1.32	-0.16	-1.14~0.82

が相関を示していた時期は相関係数の比較では閉胸時が最も良好であった。これは手術操作が胸腔内で終了していること、また体位変換後時間が経過していること、循環動態及び装置が安定した状態であることから BCO との間で良好な相関を示したものと思われる。本来麻酔導入後仰臥位でのコントロールの時期が最も相関が良好でなければならぬと思われる。しかしこの時の相関が閉胸時よりも不良であった要因として、CCO 値を算

出するための初期設定に時間を要すること、またカテーテル挿入直後でサーマルフィラメントの CCO 平均値算出が不安定なため BCO と相関を示さなかったと考えられた。さらに血圧に有意差は認められないが、麻酔導入後における血行動態の変化が影響している可能性も存在する。開胸後及び分離換気中は肺・肺動脈への刺激、胸腔内操作で肺動脈の血管径そのものが変化する。また電気メスの使用により一時測定が中止される場合もあ

り、CCOは誤った心拍出量値を示す可能性がある。したがってその物理的的刺激による変動に加え、CCO算出による時間的差異が生じたためBCOとの間に相関が得られなかったと考えられた。

一方CCOの測定はBCOに比べて、間欠的操作の煩雑性、注入液による水分の負荷、感染の可能性がないことと操作者に依存しないことなどの問題点が回避できることが利点である⁶⁾。加えて持続的にその循環動態を把握できるので、CCO測定装置は開胸術においても有用なモニターであると思われる。我々の結果でも手術終了時の安定した循環動態では従来の報告と同様にBCOとCCOの相関は非常に良好であった。しかし今回の結果から示されるように開胸術中のCCOはBCOと良い相関関係は得られず bias・95% Limits of Agreementも広がり循環動態の変化における追従性に疑問を生じる。この原因として、開胸時における熱希釈法による心拍出量測定の精度に関する問題点がある。Landaisらは開胸犬を用いて開胸時におけるBCOの精度を検討し、開胸側にカテ先が存在しても精度が良好である事を示した¹¹⁾。しかしながらこの実験は安定した循環動態の下に測定されており、さらに術操作も加わっていないという条件が我々の臨床研究と異なる。さらにBurchellらが述べているようにBCOは必ずしも心拍出量測定の“true gold standard”ではないという事¹²⁾を考慮すると、CCOあるいはBCO値のどちらが正確であるかを今回の研究から推察するには限界が生じる。本研究は臨床で実際に手術操作施行中に測定を行ったため、結果は種々の因子によって影響される。したがって、開胸中にはCCO値を過大評価する事なく他の血行動態を参照する必要があると考えられた。SvO₂はCCOとの比較において上昇時には6±3分、低下時には10±6分早く変動を示したという報告がある¹³⁾。また、人工心肺離脱後のSvO₂と心拍出量(以下CO)では、SvO₂の変化は酸素消費量とヘモグロビン濃度には相関せず、COとよく相関したと言う報告もある¹⁴⁾。しかしCCOを用いて開胸術の循環管理を行う場合にはこれらの事を考慮し、循環動態の変動に対してはSvO₂の値も考

慮しながらその評価は総合的に判断されなければならないと推察された。

文 献

- 1) Yelderman ML, Ramsay MA, Quinn MD, et al : Continuous thermodilution cardiac output measurement in intensive care unit patient. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 6 : 270-274, 1992
- 2) Lichtenthal PR, Wade LD : Continuous cardiac output measurements. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 8 : 668-670, 1994
- 3) Thrush D, Downs JB, Smith RA : Continuous thermodilution cardiac output : Agreement with fick and bolus thermodilution methods. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 9 : 399-404, 1995
- 4) 岡田小枝子, 森本有里, 堀川由夫ら : 心拍出量連続モニター(Vigilance™)の使用経験. *ICUとCCU* 18 : 1211-1214, 1994
- 5) Gillman PH : Continuous measurement of cardiac output : A milestone in hemodynamic monitoring. Focus on critical care 19 : 155-158, 1992
- 6) Bazaral MG, Peter J, Novoa R : Errors in thermodilution cardiac output measurements caused by rapid pulmonary artery temperature decreases after cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 77 : 31-37, 1992
- 7) Thrush DN, Variotta D : Thermodilution cardiac output : Comparison between automated and manual injection of indicator. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 6 : 7-19, 1992
- 8) Jean-Yves L, Pascal B, Jacques R, et al : Cardiac output measurement in critically ill patients : Comparison of continuous and conventional thermodilution techniques. *Can J Anesth* 42 : 972-976, 1995
- 9) Böttiger BW, Rauch DH, Böhrer H, et al : Continuous versus intermittent cardiac output measurement in cardiac surgical patients undergoing hypothermic cardiopulmonary bypass. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 9 : 405-411, 1995
- 10) Yelderman ML : Continuous measurement of cardiac output with the use of stochastic system identification techniques. *J Clin Monit* 6 : 322-332, 1990
- 11) Landis A, Morin JP, Roche A, et al : Measurement of cardiac output by the thermodilution method during left thoracotomy in the lateral position in the dog. *Acta Anaesthesiol Scand* 34 : 158-161, 1990
- 12) Burchell SA, Yu M, Takiguchi SA, et al : Evaluation of a continuous cardiac output and mixed venous oxygen saturation catheter in critically ill surgical patients. 25 : 388-391, 1997
- 13) Simon L, Brusset A, Roupie E, et al : Continuous thermodilution cardiac output measurement : An evaluation in sheep. *Anesthesiology* 79 : A466, 1993
- 14) Inomata S, Nishikawa T, Taguchi M : Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation for detecting alteration in cardiac output after discontinuation of cardiopulmonary bypass. *Br J Anesth* 72 : 11-16, 1994

Continuous Thermodilution Cardiac Output Determination Compared to Bolus Thermodilution in Thoracic Surgery

Miki Sakamoto*, Takeshi Tateda*, Tadashi Aoki*, Atsushi Shimada**,
Hiroaki Osada**

*Department of Anesthesiology, **Department of Surgery III,
St. Marianna University School of Medicine, Kanagawa, Japan

Continuous thermodilution cardiac output measurement (CCO) has been widely used in cardiac surgery and the intensive care unit. There have been few studies on the accuracy and reliability of CCO during thoracic surgery. We compared CCO and bolus thermodilution cardiac output measurements (BCO) in thoracic surgery, using a linear regression analysis and the limits of agreement.

Twenty-two patients requiring pulmonary lobectomy were anesthetized by combined propofol-fentanyl with epidural anesthesia. The correlation between CCO and BCO was highest ($r=0.92$, $y=0.99x+0.62$, $p<0.001$: independent lung, $r=0.92$, $y=$

$0.88x+0.21$, $p<0.01$: dependent lung), with high accuracy at the end of surgery. The correlation between CCO and BCO was lowest ($r=0.36$, $y=0.44x+2.33$, $p=0.30$: independent lung, $r=0.71$, $y=1.2x-0.37$, $p=0.02$: dependent lung), with low accuracy during thoracotomy.

These data showed that CCO was affected by several factors, such as intraoperative manipulation of the lung and time that elapsed from cardiac output calculation during thoracotomy. It was concluded that the evaluation of hemodynamics with CCO is still limited in thoracic surgery and that further refinement is needed in the design of CCO device.

Key Words : Continuous cardiac output measurement, Bolus thermodilution cardiac output measurement, Thoracic surgery

(Circ Cont 19 : 392~397, 1998)