

動脈圧波形を用いた心拍出量モニタリングの有用性： ICU における OPCAB 術後患者での検討

飯田 泰功¹, 佐久間潮里², 野村 実²

【目的】Arterial pressure-based cardiac output (APCO) は動脈圧波形を用いて求められる心拍出量 (CO) である。今回 off pump CABG (OPCAB) において APCO と肺動脈カテーテルによる連続心拍出量測定 (CCO) とを比較し、その有用性について検討した。【対象と方法】OPCAB 症例連続 6 例を対象とした。これらについて APCO および CCO を術後および ICU 退室までモニタリングし、単回帰分析および Bland-Altman 分析を用いて統計学的検討を行った。【結果】全ての測定点における APCO と CCO との相関係数は 0.63 であり、bias ± SD は -1.47 ± 0.99 で、相関関係が認められた。ICU における測定点での両者の相関係数は 0.74 で、bias ± SD は -1.55 ± 0.81 であった。【考察および結語】APCO と CCO とは全測定点において直線的な相関関係を示した。血行動態の比較的安定している ICU では相関が高かった。しかしながら、抜管時においては有意な相関関係を認めず、原因として APCO 特有のアルゴリズムからの逸脱も考えられ、その評価には注意を要する。今後さらなる症例の蓄積、検討が必要である。

KEY WORDS: arterial pressure-based cardiac output (APCO), cardiac output, pulmonay artery catheter

Iida Y, Sakuma S, Nomura M: **Real-time cardiac output monitoring by arterial pressure waveforms for OPCAB patients in ICU.** J Jpn Coron Assoc 2009; 15: 117-121

I. はじめに

Arterial pressure-based cardiac output (APCO) は定められたアルゴリズムのもとで観血的動脈圧波形を用いて求められる心拍出量であり、FloTrac™ (Edwards Lifesciences 社) を用いて測定される低侵襲連続心拍出量モニターである (図 1)。集中治療室 (ICU) における心臓術後の管理は、瞬時に変化する循環動態の評価が必要とされるが、従来の肺動脈カテーテルによる連続心拍出量 (CCO) 測定 (Vigilance™, Edwards Lifesciences 社) は侵襲的で測定に時間を要し、対応が遅れることが懸念される。そこで、今回 ICU における心拍動下冠動脈バイパス術 (OPCAB) 術後患者において APCO と CCO とを比較し、その有用性について検討した。

II. 対象および方法

2006 年 4 月～6 月に当科で施行した OPCAB 症例連続 6 例を対象とした。術後から ICU 退室まで APCO および CCO を連続モニタリングした。APCO の術後管理における有用性を検証するために、これを、(1) すべての測定点、(2) ICU 内、(3) 抜管前後 30 分、に分けて検討した。統計学的検討は単回帰分析 ($p < 0.05$ を有意差ありとした)

および Bland-Altman 分析を用いて行った。Bland-Altman 分析は 1 つの変数に対し 2 つの測定方法がある場合に、相関関数とは別に 2 つの数値間でどちらがどの程度高めまたは低めとなるかを数値で示し (bias)、2 つの数値の差がどの程度の幅に収まるか (SD) を横軸に両者の平均、縦軸に差をプロットしたものである。

III. 結果

(1) すべての測定点における APCO と CCO との相関係数は 0.74 で、bias ± SD は -1.55 ± 0.81 であり、有意な相関関係があると考えられた (図 2, 3)。

(2) ICU における測定点での両者の相関係数は 0.63 で、bias ± SD は -1.47 ± 0.99 であった (図 4, 5)。

(3) 抜管前後 30 分の測定点の両者の相関係数は 0.41 で bias ± SD は -1.38 ± 1.65 であった (図 6, 7)。

IV. 考察

心臓術後患者の循環管理は従来、肺動脈カテーテルを用いた CCO を中心に行われてきた。しかしながらこの方法は侵襲的で測定に時間を要し、様々な、時に致命的な合併症が報告されている¹⁻³⁾。また、これに代わるより低侵襲なデバイスがいくつか開発されてきたが、多くは煩雑でキャリブレーションを必要とした⁴⁻⁸⁾。そのなかで低侵襲性、簡便性を特長とする FloTrac™ システムが本邦では 2006 年 4 月に臨床導入された。本システムは患者に既に入っている動脈ラインのカテーテルに専用センサー、専用

¹ 医療法人立川メディカルセンター立川総合病院心臓血管外科 (〒940-8621 新潟県長岡市神田町 3-2-11), ² 東京女子医科大学麻酔科学教室 (2008.5.15 受付, 2009.2.20 受理)



Flo Trac™ sensor

Vigileo™ monitor

図1 Flo Trac™ sensor, および Vigileo™ monitor

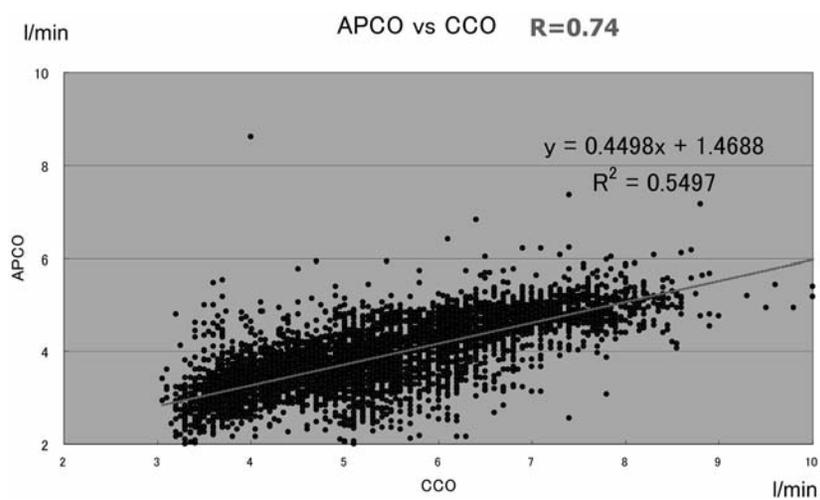


図2 Coefficient of correlation between APCO and CCO(全測定点)

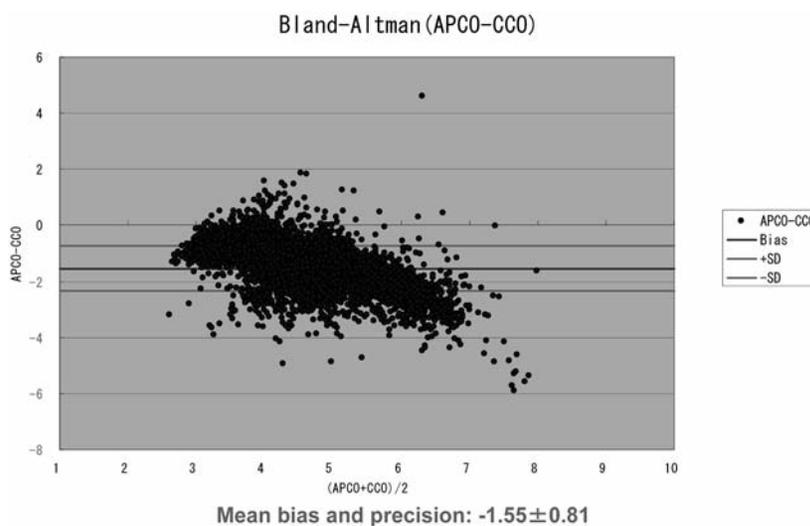
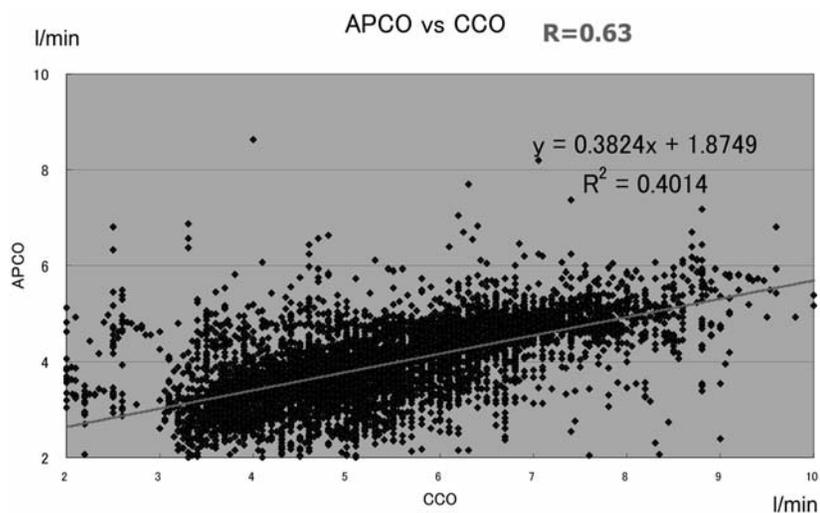
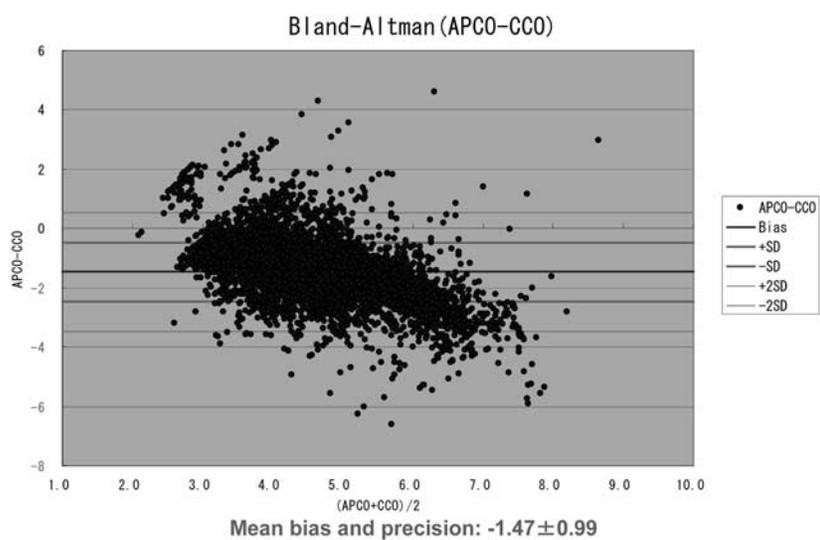


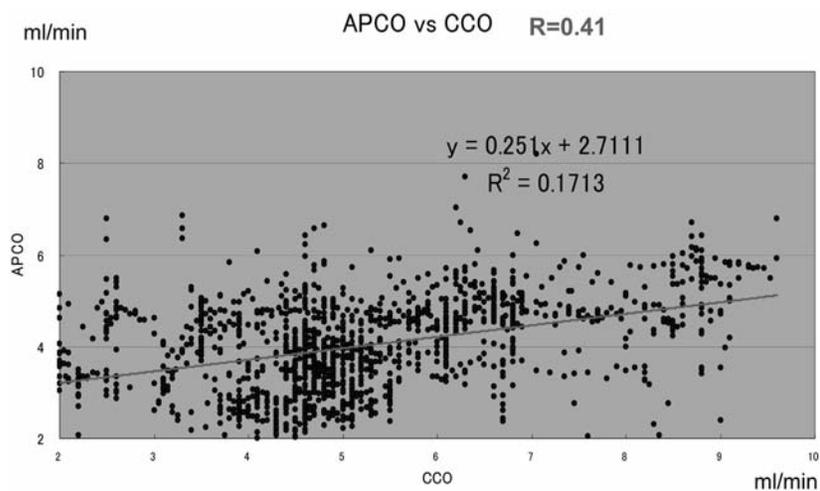
図3 Bland-Altman analysis(全測定点)



☒ 4 Coefficient of correlation (ICU)



☒ 5 Bland-Altman analysis (ICU)



☒ 6 Coefficient of correlation (拔管前後 30分)

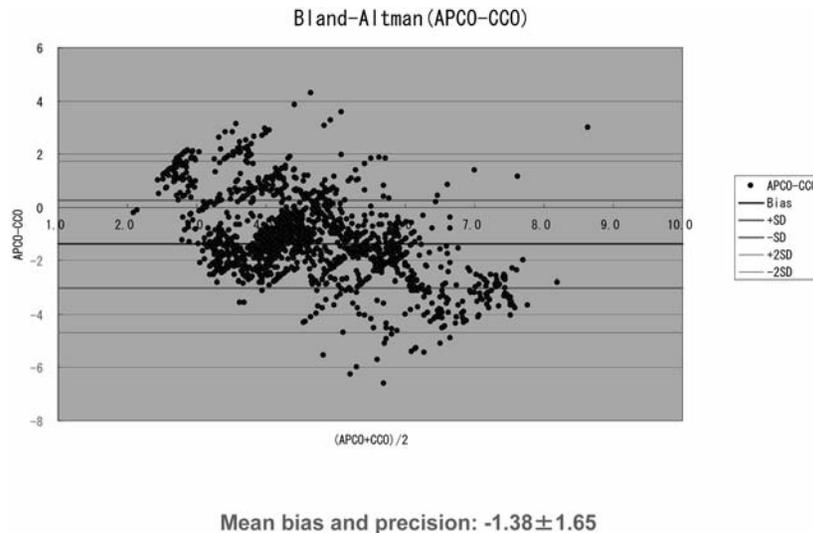


図7 Bland-Altman analysis(抜管前後30分)

モニターを接続することにより、簡便かつ低侵襲に連続心拍出量を測定できる装置で、平均動脈圧と脈圧(血圧変動の標準偏差)を主なパラメータとして1回拍出量を推定し、心拍数を乗ずることによって心拍出量としている(図1)。本システムで測定される心拍出量は一般的に arterial pressure-based cardiac output(APCO)とされている⁹⁾。

すべての測定点におけるAPCOとCCOとの相関係数は0.74, bias±SDは -1.55 ± 0.81 で、一定の相関関係があると考えられた。ICUにおける測定点での両者の相関係数は0.63で, bias±SDは -1.47 ± 0.99 であった。これに対し、抜管前後30分の測定点の両者の相関係数は0.41, bias±SDは -1.38 ± 1.65 であった。これはICUでは患者の状態が比較的安定しており、APCOのアルゴリズムに合致しやすいためであると考えられた。これに対し、抜管時には末梢血管抵抗の変化が大きくなり、APCOのアルゴリズムに十分反映されなかったためと考えられた。したがって、周術期の循環管理という限定された範囲においては、両者は有意に相関していると考えられた。

海外で実施された臨床研究には主にMcGeeら⁹⁾、Maneckeら¹⁰⁾によるものがあるが、それらの報告では、APCOは肺動脈カテーテルから得られる間欠的心拍出量測定(ICO)やCCOと同等の精度が認められた。本研究においてもAPCOとCCOとは直線的な相関関係を示していた。しかしながら、APCOの算出には一定のアルゴリズムが存在している。 χ は大血管コンプライアンスを表し、1984年に発表されたLangewoutersら¹¹⁾の研究をもとに算出され、患者の年齢、性別、身長、体重をVigileoTMモニターに入力することにより得られる値である。また、 δ_p は動脈圧の標準偏差(SD)を表す。動脈圧は100 Hzにてデータポイントとして採取される。採取された2000データポイントの標準偏差を求め、アルゴリズムにより1

回拍出量(SV)を算出し、これに脈拍数(PR)を乗じて連続的にCOを計算する。すなわち、「 $APCO = PR \times \chi \times \delta_p$ 」である。SDは20秒毎に更新され、それに伴いSVおよびCOも更新される。CCOは肺動脈血液温度に大きな変化がなければ、通常約3分～5分後に連続心拍出量の値が表示されるが、症例によりこれ以上時間を要する場合もある。それに対して、FloTracTMシステムではより短時間でCOを測定することができる。

ただし、本アルゴリズムに該当しない患者、すなわち、IABP使用患者、小児患者、大動脈弁閉鎖不全患者、二段脈や重度の不整脈のある患者、大動脈人工血管置換術後患者、末梢血管抵抗が高く、観血的動脈圧を正確に測定できない患者への使用は未だ有用性が検証されていない。

さらなる特長はキャリブレーションが不要ということである。FloTracTMと同様に、観血的動脈圧波形からCOを測定する機器にはPiCCOTM¹²⁾、PulseCOTM¹³⁾があるが、それぞれ熱希釈法、リチウム希釈法でのキャリブレーションが必要である。この点において、本システムはより簡便にCOの測定を行うことができる。

今後、OPCAB術吻合中の評価、すなわち心臓脱転、冠動脈遮断時などに瞬時に変化する心機能に追従可能かなどの評価も必要であると思われる。

肺動脈カテーテルを挿入することなく循環管理が可能となる本システムは、急変患者の循環動態の把握や、ハイリスク症例の周術期管理などに対するモニタリングの新しいオプションとなる可能性は大きいと考える。

V. おわりに

FloTracTMを用いたAPCOとVigilanceTMにて測定したCCOとは直線的な相関関係を示した。ただし、循環動態

が変動しやすい抜管時においては相関関係を認めず、その原因には APCO 特有のアルゴリズムからの逸脱も考えられ、その評価には注意を要する。心臓術後の ICU における患者の循環動態の把握に APCO は有用であると考えられるが、今後さらなる検討が必要である。

文 献

- 1) Bossert T, Schmitt DV, Mohr FW: Pulmonary artery rupture-fatal complication of catheter examination (thermodilution catheter). *Z Kardiol* 2000; **89**: 54
- 2) Huang L, Eisharydah A, Nawabi A, Cork RC: Entrapment of pulmonary artery catheter in a suture at the inferior vena cava cannulation site. *J Clin Anesth* 2004; **16**: 557-559
- 3) Abreu AR, Campos MA, Krieger BP: Pulmonary artery rupture induced by a pulmonary artery catheter; a case report and review of literature. *J Intensive Care Med* 2004; **19**: 291-296
- 4) Cholley BP, Payen D: Noninvasive techniques for measurements of cardiac output. *Curr Opin Crit Care* 2005; **11**: 424-429
- 5) McLean AS, Needham A, Stewart D, Prkin R: Estimation of cardiac output by noninvasive echocardiographic techniques in the critically ill subject. *Anaesth Intensive Care* 1997; **25**: 250-254
- 6) de Abreu MG, Quintel M, Ragrller M, Albrecht DM: Partial carbon dioxide rebreathing: a reliable technique for nonshunted pulmonary capillary blood flow. *Crit Care Med* 1997; **25**: 675-683
- 7) Della Rocca G, Costa MG, Pompei L, Coccia C, Pietropaoli P: Continuous and intermittent cardiac output measurement: pulmonary artery catheter versus aortic transpulmonary technique. *Br J Anaesth* 2002; **88**: 350-356
- 8) Tan HL, Pinder M, Parsons R, Roberts B, van Heeden PV: Clinical evaluation of USCOM ultrasonic cardiac output monitor in cardiac surgical patients in intensive care unit. *Br J Anaesth* 2005; **94**: 287-291
- 9) McGee WT, Horswell JL, Calderon J: Validation of a continuous cardiac output measurement using arterial pressure waveforms. *Crit Care* 2005; **9**: 24-25
- 10) Manecke GR, Peterson M, Auger WR: Cardiac output determination using arterial pulse: a comparison of a novel algorithm against continuous and intermittent thermodilution. *Crit Care Med* 2004; **32**: A43
- 11) Langewouters GJ, Wesseling KH, Goedhard WJ: The pressure dependent dynamic elasticity of 35 thoracic and 16 abdominal human aortas in vitro described by a five component model. *J Biomech* 1985; **18**: 613-620
- 12) Goedje O, Höke K, Goetz AE, Felbinger TW, Reuter DA, Friedl R, Hannekum A, Pfeiffer UJ: Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse-contour analysis during hemodynamic instability. *Crit Care Med* 2002; **30**: 52-58
- 13) Pearse RM, Ikram K, Barry J: Equipment review: an appraisal of measuring cardiac output. *Crit Care* 2004; **8**: 190-195