

症 例

食道癌根治術々後管理における 動脈圧波形解析法の有用性について —一回拍出量変化を中心に—

笠置 益 弘*, 山口 敬 介*, 竹内 和 世*, 岩 沼 佳 見**
梶 山 美 明**, 鶴 丸 昌 彦**, 釘 宮 豊 城*, 稲 田 英 一*

はじめに

食道癌根治手術は、開胸開腹術と広範囲なリンパ節郭清を必要とする最も侵襲の大きな手術の一つである。近年の低侵襲手術の導入や高サイトカイン血症対策により、手術の安全性は向上した。しかし、患者は高齢のことが多く、基礎疾患に心血管系や呼吸器合併症をもつだけでなく、術前の喫煙、栄養状態の不良な場合も多い。また、縦隔郭清や胸管合併切除が施行された場合、術後血管外スペースへの体液喪失が著明となり、循環血液量の不足による高度な脱水が長時間持続することにより臓器灌流圧が低下し、臓器不全を惹起させる誘因となる。一方、過剰輸液による循環血液量過多は、うっ血性心不全や肺合併症の原因となり、術後の予後を左右する因子となる。食道癌根治術のような体液シフトが大きい手術を受ける高齢者においては輸液管理を慎重に行う必要がある。

従来、術後輸液管理の指標には、観血的動脈圧測定 (arterial blood pressure: ABP) や心拍数 (heart rate: HR)、中心静脈圧 (central venous pressure: CVP)、尿量、尿比重などから総合的に循環血液量を推察してきたが、客観的に測定した報告は少ない¹⁾²⁾。

Flow Trac システム (FT; エドワーズライフサイエンス社; 東京) は動脈圧波形解析法を用いることにより、連続的に動脈圧心拍出量 (arterial pressure-based cardiac output: APCO) を測定し、加えて

一回拍出量変化量 (stroke volume variation: SVV) は前負荷の指標として肺動脈楔入圧、左室拡張末期容積係数などとの相関が報告されている³⁾。これまでも、調節呼吸下における SVV の有用性が報告されているが、自発呼吸下での測定意義についての報告は少ない。

今回我々は、食道癌根治術周術期輸液管理において、従来の指標である CVP、尿量、尿比重に加え、APCO、SVV を自発呼吸下で測定し、血行動態の変動との関連を検討したので報告する

対象と方法

当院で施行された食道癌根治手術 3 例を対象とした。術前に書面による承諾を得た。右開胸開腹・食道胃上部切除・胸骨後胃挙上再建・3 領域リンパ節郭清術を標準術式とした。麻酔法は硬膜外麻酔併用全身麻酔とし、胸部操作中は Coopdek[®] 気管支ブロッカー (大研医器株式会社、大阪) による分離肺換気を行った。プロポフォール、ベクロニウムで導入し、術中はセボフルラン、酸素、空気で麻酔を維持し、適宜フェンタニルを追加投与した。硬膜外麻酔は第 8 から 10 胸椎レベルでカテーテルを留置し、初回投与に塩酸モルヒネ 3mg と 0.375% ロピバカイン 6ml を単回投与し、術中は適宜 0.375% ロピバカインを追加投与した。術中モニターは基本モニタリングの他に、ABP、CVP、APCO、SVV を測定、記録した。術中輸液は、酢酸リンゲル液を中心とし、出血に対してはヒドロキシエチルデンプンを投与した。低血圧時にはエフェドリンまたはフェニレフリンの単回投与、ドパ

*順天堂大学医学部麻酔科学・ペインクリニック講座

**同 医学部上部消化管外科科学講座

ミンの持続投与で対処した。手術終了直後、胸部X写真を撮影し、無気肺、気胸などが無いことを確認し、自発呼吸下でPaO₂/FiO₂(P/F比)300mmHg以上の場合、手術室において抜管した。抜管後、速やかに集中治療室(ICU)へ搬送し、術中モニターに加えて、尿量、尿比重も記録した。

結 果

患者背景および手術因子を表1に示す。3症例とも手術室で抜管が可能であった。

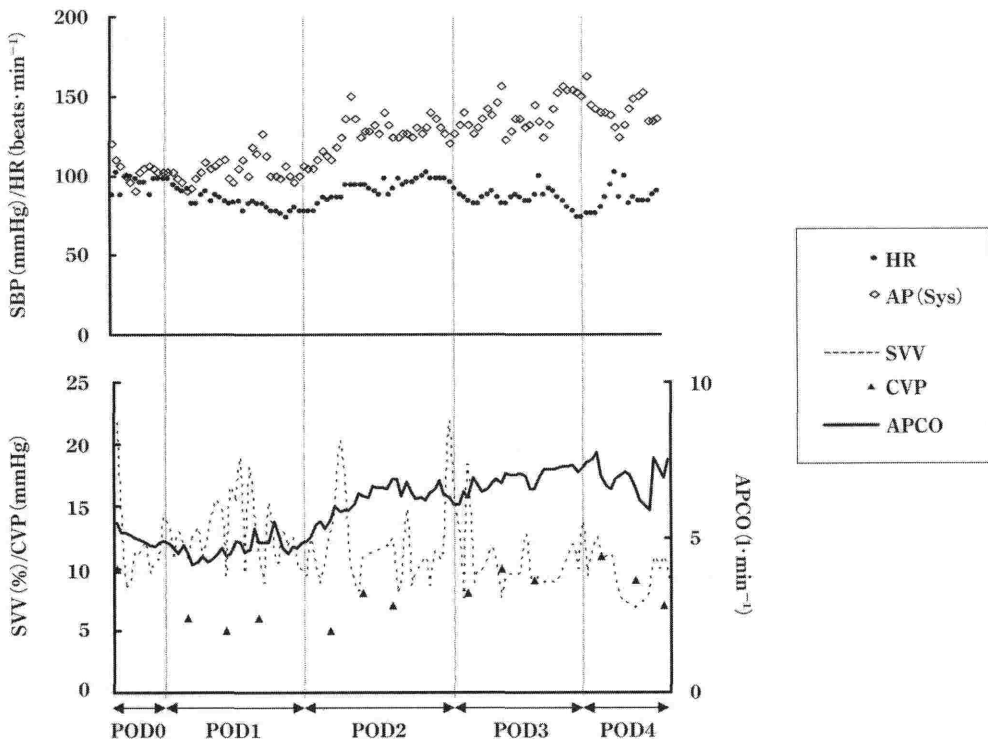
A. 症例1(図1)

術直後から収縮期血圧(SBP)の低下を示し、27時間後までSBPが100mmHg前後で推移したが、CVPはICU入室直後から低下傾向にあった。また術直後から術後27時間にかけてAPCOの減少、SVVの上昇を認めた。術後30時間後から第2病日にかけてはSBPが上昇を示し、以後安定していた

が、CVPに変化は認められなかった。術後27時間後から第2病日にかけてAPCOの上昇、SVVの減少、正常化を認めた。術後48時間からCVPが上昇した。その後、APCOは安定し、SVVも正常値で推移した。尿量は第3病日で上昇し、尿比重も低下した。

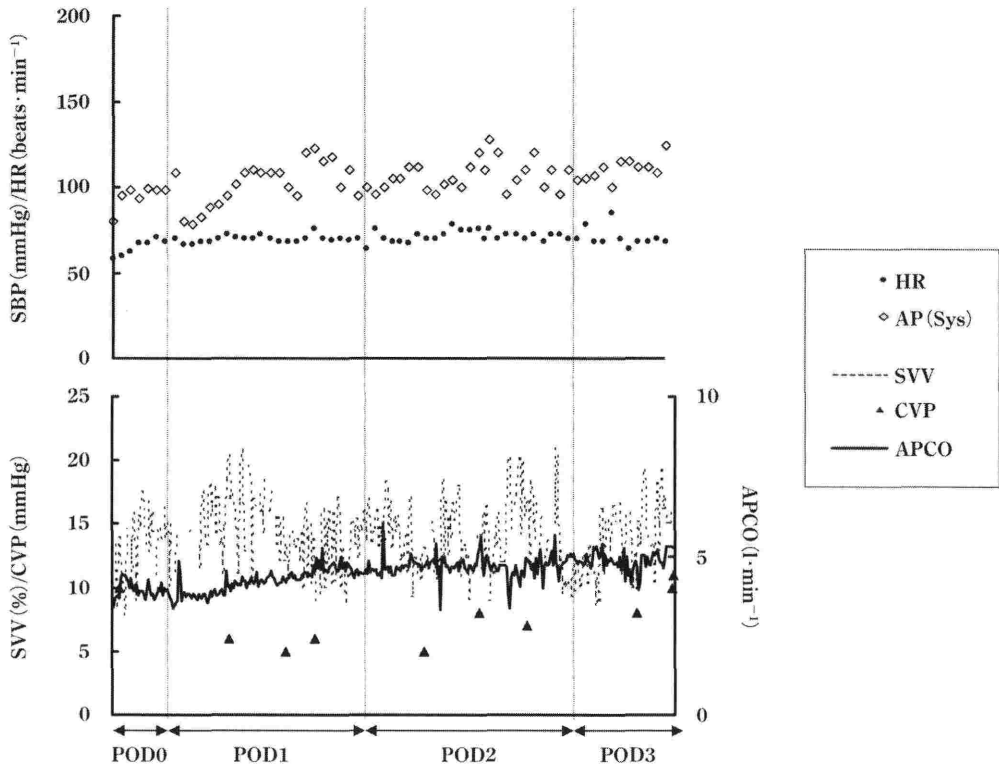
表1 患者背景および術中因子

	症例1	症例2	症例3
年齢(歳)	59歳	74歳	61歳
性別	男性	男性	男性
手術時間	5°40′	7°45′	6°15′
麻酔時間	7°05′	8°20′	7°40′
尿量(ml)	450	660	1,550
出血量(ml)	585	1,290	660
輸血量(ml)	165	0	0
輸液量(ml)	4,600	5,950	5,900
術中輸液量(ml/kg/h)	12.1	7.0	9.3



	POD0	POD1	POD2	POD3	POD4
尿量(ml/kg)	5.1	10.0	14.7	24.9	65.5
尿比重	1.048	1.032	1.029	1.017	1.011
輸液(ml)	620	2,488	2,477	2,048	1,748
バランス(ml)	-226	1,785	992	343	-1,582

図1



	POD0	POD1	POD2	POD3
尿量 (ml/kg)	3.0	8.7	13.7	14.2
尿比重	1.028	1.038	1.028	1.027
輸液 (ml)	1,015	2,389	2,266	2,559
バランス (ml)	-20	611	246	210

図2

B. 症例 2 (図2)

術直後から術後7時間にかけて、SBPは80~100mmHgで推移し、CVPは低下傾向にあった。また、APCOは減少し、SVVは上昇した。術後7時間後からPOD2にかけてSBPは上昇したが、CVPに大きな変化は認めなかった。それに対しAPCOは増加し、SVVの減少正常化を認めた。第2病日からはSBPは100~130mmHgで推移し、CVPは第3病日に上昇した。尿比重は第4病日に低下した。第2病日以降、APCOは安定し、SVVも正常値で推移した。

ICUでの輸液は、晶質液を中心とし、膠質液は第1病日から第2病日にかけて、24時間で5%アルブミン製剤を適宜使用した。ICU入室直後から、ドパミンを2~3 μ g/kg/minで投与した。

C. 症例 3 (図3)

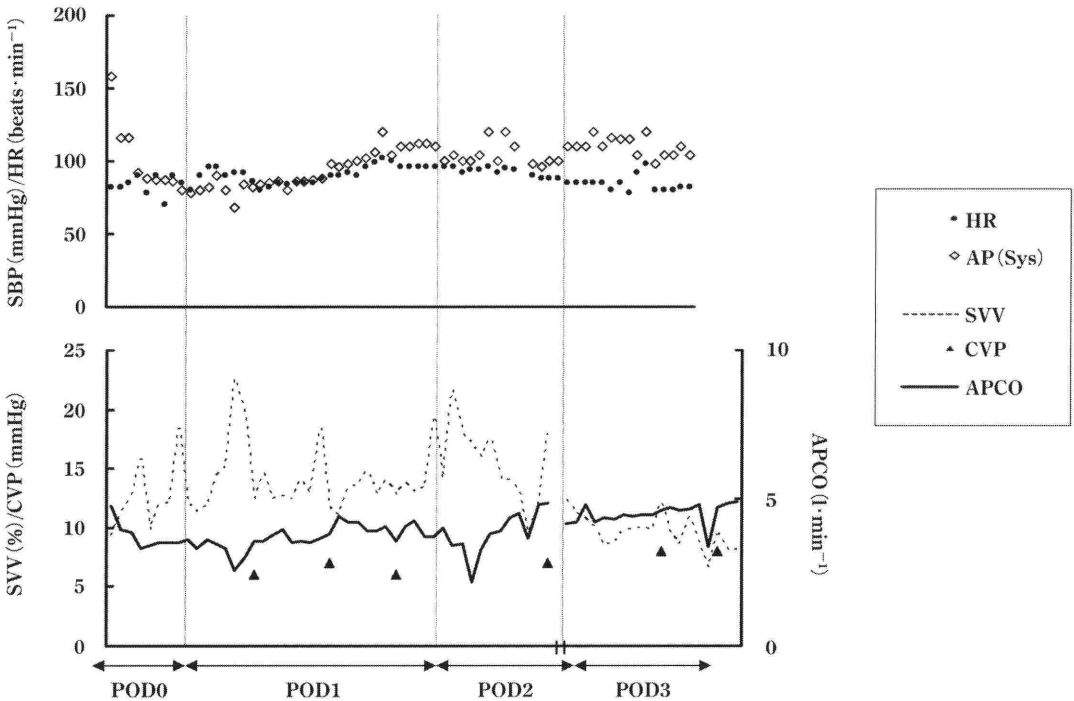
術直後から術後12時間まで、SBPは低下したが、CVPは変化が無く、APCOの減少、SVVの上昇を認めた。術後12時間後からSBPが上昇したが、CVPに大きな変化はなく、APCOは上昇し、SVVは減少し正常化した。

第2病日以降、SBPは100~120mmHgを維持し、CVPは術後48時間以降8~9mmHgで推移した。第3病日で尿量が増加し、尿比重は低下した。

第1病日以降のAPCOは維持され、SVVも正常値を維持した。

考 察

本研究において、従来の指標であるCVP、尿量、尿比重に加え、APCO、SVVを測定した結果、SVVはCVPの変化や尿量の変化に先立ち、循環血



	POD0	POD1	POD2	POD3
尿量 (ml/kg)	2.5	6.2	18.6	30.2
尿比重	1.050	1.032	1.022	1.010
輸液 (ml)	750	2,964	2,482	2,263
バランス (ml)	-145	1,791	767	-167

図3

液量の変化を鋭敏に反映することが示唆された。

3 領域リンパ節郭清を含む食道癌根治手術では、開胸開腹および広範なリンパ節郭清を伴うため侵襲が大きく、術後の肺合併症の発生が予後を左右することから、肺合併症を予防するためにドライサイドの輸液を推奨する意見と、酸素供給を重視するウェットサイドの輸液を推奨する意見とがあり、明確な結論を得られていない。特に周術期輸液管理においては、術直後から高サイトカイン血症による血管透過性亢進が起り、その結果血管外細胞外液腔への体液貯留が進み、循環血液量は減少するが、refilling 期には循環過負荷となり、肺合併症の原因となる可能性があるため^{4,5)}、術中の輸液管理は慎重に行う必要がある⁶⁾。一般的に、refilling 時期の指標として肺動脈楔入圧(PCWP)、cardiac index (CI)の上昇やヘマトクリット値、ヘモグロビン値の低下などが挙げられるが、この時期の頻脈を脱水と判断し、輸液量を増やすと肺水腫を

惹起させる可能性がある。一方、循環血液量減少時期に利尿薬投与を行うと循環血液量がさらに減少するため肝臓や腎臓の灌流低下を招き、肝・腎機能障害を生じる可能性もあり、輸液投与量や時期について判断に迷うこともある⁷⁾。本研究においても、術後輸液管理の指標として、ABP, HR, CVP, 尿量, 尿比重などを用いて総合的に判断しているが、今回使用した FT により、明確に血行動態を把握することが可能になると考えられた。FT は動脈圧波形から外部較正なしに連続的に心拍出量, SVV を算出する。特に SVV は呼吸周期ごとの一回拍出量 (SV) の変動を 20 秒ごとに評価したもので、呼吸性脈圧変動を客観的に数値化したものである。SVV の有用性については、食道癌手術、脳外科手術、生体肝移植術、心臓手術の周術期管理や敗血症患者の ICU での循環管理において報告されている^{8~13)}。これらの報告によると、fluid responsiveness の閾値は 9~14%とされており、

15%以上では追加輸液に反応する可能性が高いと考えられる。本症例においても、SVVの正常値は上記報告と同様に考えた。最近の報告では、SVVはCVPやPCWPや肺動脈拡張期圧などのパラメーターに比べ、より正確にfluid responsivenessを反映することが示唆されている¹⁴⁾。一方、当施設では、in/outバランスで7~8ml/kg/hを目標に術中の輸液を施行しているが¹⁵⁾、ICU入室時には、CI、SVVが正常値であるにも拘らず、術当日から第1病日にかけて、SBP低下と、CIの減少を認めた。それに先立ってSVVの変化が観察され、手術による高サイトカイン血症の影響の結果、サードスペースへの体液消失による循環血液量不足が顕著になったことが示唆された。また、第3病日から第4病日にかけての尿量増加に先立つCIの上昇とSVVの低下はrefilling期を反映するものと考えられ、輸液量や投与時期を決定するための指針となりうる可能性が示唆された。

一般的に、SVVは吸気時と呼気時のSV変化率を計測するため、胸腔内圧が一定な調節呼吸下において信頼性が高いとされている。そのため、呼吸数や呼吸パターンが一定でない場合SVVが不正確になることが予想されるが、自発呼吸下におけるSVV測定の有用性を示す報告が散見されている。西迫らは全前置胎盤妊婦の帝王切開に対し、自発呼吸下でのSVV変化がfluid responsivenessの指標としての有用性を示し、呼吸回数が頻呼吸かつ不安定な状態においてもSVVがfluid responsivenessに追従したことを報告している¹⁶⁾。また、SoubrierらはICU患者における研究で、自発呼吸下においてSVVが高ければ輸液に反応する可能性が高いと報告している¹⁷⁾。

Kobayashiらは、人工呼吸器管理を必要とした食道癌術後の輸液管理において、SVVがCOに有意に関連したのに対し、CVPとCOの間には相関関係が認められず、輸液の必要性とタイミングを知る上ではSVVが有用であったことを報告している¹⁸⁾。また、小竹らは、食道癌根治手術を対象にpulse-dye densitometryによる循環血漿量(PV-ICG)とブドウ糖初期分布容積(IDVG)の変動を調べた結果、術前から第2病日までには有意な変化を示さなかったものの、第3病日には両者の有意な増加を認め、血管透過性の指標とされるPV-ICG/IDVGは術早

期には上昇しなかったが、第3病日に増加したこと、また水分バランスが術直後から第2病日までには大きな変化がなく、第2病日から第3病日にかけてマイナスに転じたにも拘らず、尿量は第2病日から第3病日にかけて増加していることを報告している¹⁹⁾。一方、国元らは、食道癌手術症例を対象に、一酸化炭素希釈法(CO_{Hb}法)を用いて術前から第3病日までの循環血液量を測定した結果、術後著明な循環血液量減少を認め、術前値に回復するまでに48時間を要したと報告している²⁰⁾。今回提示した3症例では、APCOの上昇、SVVの正常化は第1病日から第2病日で認められたのに対し、CVPの上昇は第2病日から第3病日、尿量の増加は第4病日にかけて上昇し、既報とほぼ同様の結果となり、今回の結果から、自発呼吸下におけるAPCOおよびSVVが循環血液量の指標になりうる可能性が示唆された。

結 語

食道癌根治術周術期輸液管理において、フロートトラックシステムを用いた。従来の指標であるCVP、尿量、尿比重に加え、APCO、SVVを測定した結果、自発呼吸下におけるAPCOおよびSVVが従来の指標よりも早期に変化し、より鋭敏な循環血液量の指標になりうる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Suzuki A, Ishihara H, Okawa H, et al: Can initial distribution volume of glucose predict hypovolemic hypotension after radical surgery for esophageal cancer? *Anesth Analg* 2001; 92: 1146-51.
- 2) 石原弘規, 鈴木朗子, 高村かおり: ブドウ糖初期分布容積は術後の細胞外液移動を反映するか? *日本集中治療医学会雑誌* 1998; 5: 203-10.
- 3) Reuter DA, Felbinger TW, Schmidt C, et al: Stroke volume variations for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *Intensive Care Med* 2002; 28: 392-8.
- 4) 佐藤篤司, 片岡 誠, 桑原義之ら: 食道癌手術中・術直後の輸液量と肺合併症. *JJPEN* 1996; 18: 311-4.
- 5) 村井邦彦: 麻酔中の輸液を考える一何を目安に, どのように輸液するか 食道癌手術の輸液管理. *臨床麻酔* 2003; 27: 983-991.
- 6) Tandon S, Batchelor A, Bullock R, et al: Peri-operative risk factors for acute lung injury after elective oesophagectomy. *Br J Anaesth* 2001; 86: 633-8.

- 7) 細川正夫, 松井欣哉: 食道切除・再建術. 編集 弓削孟文, 麻酔科トラブルシューティング(麻酔科診療プラクティス). 東京: 文光堂(株); 2003.
- 8) 小竹良文: FloTrac とは-CCO モニターに代わるか? - . *Clinical Engineering* 2007; 18: 63.
- 9) 小林 慎, 木村聡元, 目黒英二ら: 動脈圧心拍出量/中心静脈オキシメトリーモニターを用いた食道癌周術期管理の経験. *外科* 2007; 69: 702-6.
- 10) Berkenstadt H, Margalit N, Hadani M, et al: Stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness in patients undergoing brain surgery. *Anesth Analg* 2001; 92: 984-9.
- 11) Shin YH, Ko JS, Gwak MS, et al: Utility of uncalibrated femoral stroke volume variation as a predictor of fluid responsiveness during the anhepatic phase of liver transplantation. *Liver Transpl.* 2011; 17: 53-9.
- 12) Reuter DA, Kirchner A, Felbigner TW, et al: Usefulness of left ventricular stroke volume variation to assess fluid responsiveness in patients with reduced cardiac function. *Crit Care Med.* 2003; 31: 1399-404.
- 13) Michard F, Boussat S, Chemla D, et al: Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 134-8.
- 14) Michard F: Changes in arterial pressure during mechanical ventilation. *Anesthesiology* 2005; 103: 419-28.
- 15) 鶴丸昌彦: 消化器外科領域の術後合併症とその対策-胸部食道切除術-. *日消外会誌* 1996; 29: 109-13.
- 16) 西迫 良, 舘田武志, 難波千絵ら: フロートラックセンサーを用いて管理を行った全前置胎盤の二症例. *分娩と麻酔* 2008; 90: 23-7.
- 17) Soubrier S, Saulnier F, Hubert H, et al: Can dynamic indicators help the prediction of fluid responsiveness in spontaneously breathing critically ill patients? *Intensive Care Med* 2007; 33: 1117-24.
- 18) Kobayashi M, Koh M, Irinoda T, et al: Stroke volume variation as a predictor of intravascular volume depression and possible hypotension during the early postoperative period after esophagectomy. *Ann Surg Oncol* 2009; 16: 1371-7.
- 19) 小竹良文: 食道癌周術期における血管内水分量. *体液・代謝管理* 2004; 20: 37-41.
- 20) 国元文生, 関本研一, 長谷川義治ら: 術中輸液管理の再評価 食道癌手術患者の循環血液量の変化. *日本臨床麻酔学会誌* 2001; 21: 361-4.

Usefulness of Arterial Pressure-Based Cardiac Output (APCO) and Stroke Volume Variation (SVV) to Determine Fluid Therapy in the Perioperative Period of Esophagogastrectomy

Yoshihiro Kasagi*, Keisuke Yamaguchi*, Kazuyo Takeuchi*, Yoshimi Iwanuma**, Yoshiaki Kajiyama**, Masahiko Tsurumaru**, Toyoki Kugimiya*, Eiichi Inada*

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Juntendo University School of Medicine, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

**Department of Esophageal and Gastroenterological Surgery, Juntendo University School of Medicine, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

The aim of this study was to assess the usefulness of an arterial pressure-based cardiac output (APCO) monitoring system in the postoperative management of patients undergoing esophagectomy. The FloTrac monitor (Edwards Lifescience) was used in three extubated patients who underwent radical operation for transthoracic esophagectomy with three field lympho node resection. Stroke volume variation, calculated for each respiratory

cycle and displayed on the Vigileo monitor, could predict intravascular hypovolemia. It is suggested that the Vigileo monitor with FloTrac is an accurate predictor of intravascular hypovolemia and is a useful indicator for assessing the appropriateness and timing of applying fluid for improving circulatory stability during the postoperative period of esophagectomy under spontaneous respiration.

Key words : spontaneous respiration, stroke volume variation: SVV, esophagectomy, arterial pressure wave analysis, perioperative management

(Circ Cont 2011; 32: 26-31.)