

## ●短 報●

新しい人工呼吸器『Hamilton-G5 SW2』の  
心臓大血管手術後人工呼吸ウィーニングへの使用経験

小池奈央・福島聡一郎・瀧上竜也・照屋孝二・垣花 学

キーワード：Hamilton-G5, ASV™, INTELLiVENT-ASV™, %MV

## I. はじめに

人工呼吸器 Hamilton-G5 (ハミルトンメディカル、スイス) に INTELLiVENT-ASV™ (以下、i-ASV) と呼ばれる人工呼吸モードが搭載可能となった。適応補助換気 (adaptive support ventilation : ASV™ (以下、ASV)) は従来の人工呼吸モードと異なり、操作者が直接一回換気量 ( $V_T$ ) や呼吸回数 ( $f$ ) を設定する代わりに目標分時換気量 (%minutes volume : %MV) を設定し、%MV を達成する  $V_T$  と  $f$  の組み合わせは人工呼吸器のアルゴリズムから自動設定される<sup>1)</sup>。また、i-ASV を搭載した人工呼吸器にはカプノグラムとパルスオキシメーターが装備されており、呼気終末二酸化炭素濃度 (end-tidal  $CO_2$  :  $EtCO_2$ ) の値から %MV が、経皮的動脈血酸素飽和度 (arterial oxygen saturation of pulse oxymetry :  $SpO_2$ ) の値から呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure : PEEP) と吸入気酸素濃度 (inspired oxygen fraction :  $FiO_2$ ) が自動制御される。さらにこの人工呼吸器には Quick Wean™ (以下、QW) と呼ばれる自動化された自発呼吸トライアル (spontaneous breathing trial : SBT) 機能もあり、これら全ての機能を用いることで人工呼吸離脱の完全自動化が期待される。

当院では 2004 年以降、心臓外科術後の人工呼吸に従来の ASV モードを用いてきた。今回は i-ASV が人工呼吸ウィーニングに有用かを検討する前段階として、

各自動設定機能の使用状況を調査した。

## II. 対象と方法

対象は 2013 年 9 月～2014 年 7 月に当院で心臓外科術後の人工呼吸に i-ASV を搭載した Hamilton-G5 を用いた症例とし、大量出血や痙攣、呼吸不全などで人工呼吸離脱が遅延した症例は除外した。診療録からレトロスペクティブにデータを収集し、検討を行った。

当院は、従来から ASV で心臓手術後の人工呼吸管理を行ってきた。i-ASV に先立ち、i-ASV の特徴や使用法について 45 分程度の講義を部署内の勉強会で 2 回実施し周知した。%MV、PEEP、 $FiO_2$  それぞれについて i-ASV として自動化するか否か、SBT に QW を使用するか否かの判断は担当麻酔科医に一任した。QW を使用し SBT に合格した場合、もしくは従来用いてきた人工呼吸離脱基準および抜管基準 (人工呼吸器モード PEEP < 8cmH<sub>2</sub>O、PS < 6cmH<sub>2</sub>O、肺泡気動脈血酸素分圧較差 < 350mmHg、呼吸回数 < 25/min、分時換気量 < 10L/min、努力呼気量 > 12mL/kg など) を満たした場合に抜管した。

%MV、PEEP、 $FiO_2$  を自動調節した時間と全 ASV 施行時間に対する自動化した時間の割合や QW の使用状況を後方視的に検討した。各項目の比較はコックス回帰検定を用い、5%の危険率をもって統計学的に有意とした。

データ集計後に日直または当直業務で対象となる人工呼吸管理を行った麻酔科医に、i-ASV の有用性に関するアンケートを実施した。%MV、PEEP、 $FiO_2$  それ

琉球大学医学部附属病院 麻酔科

[受付日：2015 年 10 月 8 日 採択日：2017 年 1 月 6 日]

それぞれの自動化項目および QW の使用状況について、4 段階（全例で使用した、よく使用した、あまり使用しなかった、全く使用しなかった）に分け、前者 2 つの回答を有用と判断、後者 2 つの回答を有用でないと判断した。

本研究は、琉球大学臨床研究倫理審査委員会の承認を得て行った。対象からは、事前に診療で得られた生体情報や経過に関するデータの利用について同意を得ていた。また個人情報の取り扱いについては個人情報保護法を厳守した。

### Ⅲ. 結 果

期間中の心臓外科術後に i-ASV を使用した患者は 54 例だった。術式は、弁置換または弁形成術 34 例、冠動脈バイパス術 11 例、大動脈ステント内挿術 4 例、大動脈置換術 3 例、心房中隔欠損症閉鎖術 1 例、Budd-Chiari 症候群に対する肝部下大静脈直達手術 1 例だった。年齢は平均 68.0 歳（最小値～最大値：34～90 歳）であった。除外基準に基づいて 10 例が除外され（術後中枢神経障害 3 例、呼吸・循環不全 5 例、データ収集不能 2 例）、最終的に 44 例を検討した。ICU での挿管時間は平均 15.2 時間（最小値～最大値：2.5～65.5 時間）であった。抜管後の再挿管はなく、非侵襲換気の使用は 12 例であった。

%MV、PEEP、 $F_{iO_2}$  全ての項目を自動化した患者は 27 例、%MV のみ自動化した患者は 13 例、%MV と  $F_{iO_2}$  を自動化した患者が 4 例であった。途中で自動調整を中断/再開もしくは中止した症例は 12 例あった。いずれかの項目で自動調整を行った患者のうち、QW を導入した患者が 29 例で、うち QW 合格後に抜管した症例は 23 例であった (Fig. 1)。非侵襲換気の使用は、QW 合格後に抜管した症例で 2 例、QW 不成功もしくは不使用で抜管した症例では 9 例であった。一時的でも全ての項目を自動化し、さらに QW 合格後に抜管した症例（完全自動化群）は 16 例、それ以外の部分自動化群は 28 例（%MV +  $F_{iO_2}$  + QW = 2 例、%MV + QW = 5 例、%MV +  $F_{iO_2}$  = 2 例、%MV +  $F_{iO_2}$  + PEEP = 11 例、%MV のみ = 8 例）であった。完全自動化群の平均挿管時間は 11.0 時間（最大値～最小値：3.1～21.2 時間）、部分自動化群の平均挿管時間は 18.4 時間（最大値～最小値：2.5～65.5 時間）であった。完全自動化群で人工呼吸離脱に関して特に有害事象はなかった。

それぞれの項目について自動化した時間の割合（個々の症例における全 i-ASV 作動時間中自動化していた時間の割合）を算出し、その平均値を Table 1 に表す。設定項目では、%MV の自動化が最も高く、全 i-ASV 作動時間のうちの 87% が自動化されていた。その他の項目の自動化はおよそ 30% 前後で調整された。

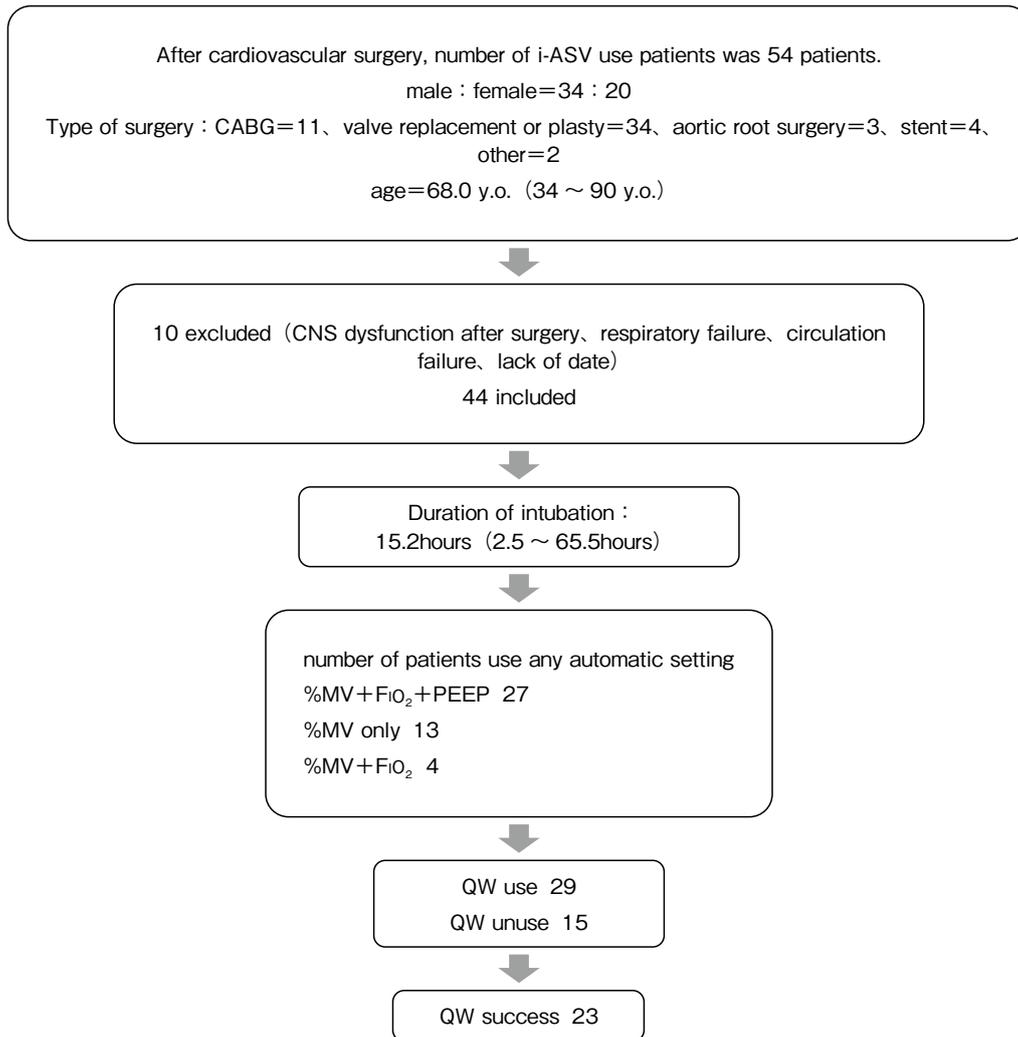
アンケートは 21 名から回答を得た。%MV については全員が有用であると回答した一方で、PEEP、 $F_{iO_2}$ 、QW それぞれについて有用であると回答した割合は 25%、15%、45% と評価が分かれる結果となった。

### Ⅳ. 考 察

今回の結果では %MV を自動調節している割合が最も高く (87.5%)、PEEP と  $F_{iO_2}$  の自動調節の割合は低かった。

Lellouche らは i-ASV を用いた心臓外科手術後の人工呼吸管理に関する単一施設で、既存の人工呼吸プロトコルに基づいた ICU スタッフによる管理と比較した。その結果、i-ASV を用いた群は、 $V_T$  や気道内圧、酸素化などの指標が肺保護換気の範囲内で管理され、医療スタッフによる人工呼吸器への操作介入が対照群より少なかった<sup>2)</sup>。また、Beijers らも、Post-anesthesia care unit で従来の人工呼吸モードと ASV、i-ASV の 3 群間で心臓手術後の人工呼吸ウィーニングにおける医療者の操作回数を比較し、i-ASV、ASV、従来の人工呼吸の順に操作回数が有意に少なかったことを報告している<sup>3,4)</sup>。心臓外科術後では低体温からの復温や麻酔からの覚醒に伴い、 $CO_2$  産生量が増加し、適正な分時換気量は大きく変化することが多い。 $E_{T}CO_2$  の調節に即時的に対応する %MV 設定の自動化は、操作者の負担軽減に寄与した可能性がある。使用者へのアンケート調査では %MV はよく使うという意見が多いが、 $PaCO_2$  と  $E_{T}CO_2$  の乖離により調整が困難な場合は使用を中止したという指摘もあった。

一方、 $F_{iO_2}$  や PEEP の自動化に関しては、それぞれの自動調節化は 34.5%、26.8% と %MV に比較し著明に使用時間が短かった。i-ASV は独自のアルゴリズムの中で  $F_{iO_2}$  や PEEP を肺保護的に自動設定し有用との報告もあるが<sup>4~6)</sup>、本研究では酸素化能が保たれている手術患者が対象であり、使用者へのアンケート調査ではこれらを頻繁に変更する必要性がなかったという意見があった。また循環動態への影響 (high PEEP に



**Fig. 1 Result of the use of each automatic setting and Quick Wean**  
(CABG : coronary artery graft bypass. CNS : central nerves system.)

**Table 1 Average time of each automatic setting**

Automatic setting	work time (min)	work rate (%)
%MV	610 (25 ~ 2090)	87.5
FiO <sub>2</sub>	209 (0 ~ 945)	34.3
PEEP	157 (0 ~ 805)	26.8
QW	197 (0 ~ 985)	33.9

よる低血圧など)を懸念した、SpO<sub>2</sub>のモニタリング不調、SvO<sub>2</sub>も考慮しながら自己調節した、心外術直後のため低酸素は絶対に避けたいなどの理由で使用しないという意見があった。QWについては明らかに抜管可能な症例でもなかなかウィーニングが進まないことがある、自分でSBTを行った方が早い、QWは人がいない際の補助的なものと感じている、使い方が不明と

いった意見があった。厳密なプロトコルを定めていなかったことと、限られた周知機会によって担当者の理解度が異なり、設定の自動化に影響した可能性も考えられた。

近年、人工呼吸患者増加<sup>7)</sup>や、臨床現場のストレスが問題視されているが<sup>8)</sup>、自動ウィーニングはICUスタッフの負担軽減としても期待される。自動ウィーニングとしてのQWの有用性の検討には十分な周知機会を設けたうえで厳密なプロトコルを定めて実施する必要がある。

## V. 結 語

i-ASVの使用状況について検討した。我々は心臓外科術後の場合は特に%MVの自動調節に有用性を期待

しているが、臨床現場に標準使用を広めるためには、厳密なプロトコルによる検討が必要と思われた。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

#### 参考文献

- 1) 湖上竜也, 照屋孝二, 垣花 学ほか: HAMILTON-G5: Adaptive support ventilation (ASV™). 人工呼吸. 2013; 30: 4-11.
- 2) Lellouche F, Bouchard PA, Simard S, et al: Evaluation of fully automated ventilation: a randomized controlled study in post-cardiac surgery patients. Intensive Care Med. 2013; 39: 463-71.
- 3) Beijers AJ, Roos AN, Bindels AJ: Fully automated closed-loop ventilation is safe and effective in post-cardiac surgery patients. Intensive Care Med. 2014; 40: 752-3.
- 4) Sulemanji DS, Marchese A, Wysocki M, et al: Adaptive support ventilation with and without end-tidal CO<sub>2</sub> closed loop control versus conventional ventilation. Intensive Care Med. 2013; 39: 703-10.
- 5) Clavieras N, Wysocki M, Coisel Y, et al: Prospective randomized crossover study of a new closed-loop control system versus pressure support during weaning from mechanical ventilation. Anesthesiology. 2013; 119: 631-41.
- 6) Arnal JM, Garnerio A, Novonti D, et al: Feasibility study on full closed-loop control ventilation (IntelliVent-ASV™) in ICU patients with acute respiratory failure: a prospective observational comparative study. Crit Care. 2013; 17: R196.
- 7) Zilberberg MD, de Wit M, Pirone JR, et al: Growth in adult prolonged acute mechanical ventilation: implications for healthcare delivery. Crit Care Med. 2008; 36: 1451-5.
- 8) Embriaco N, Azoulay E, Barrau K, et al: High level of burnout in intensivists: prevalence and associated factors. Am J Respir Crit Care Med. 2007; 175: 686-92.