

□ 特集：ユニークな換気モードの基本的動作と臨床使用の有用性と問題点 □

Auto Flow, Auto Mode (Servo 300A, Servo-i)

桑 迫 勇 登*

ABSTRACT

Auto Flow, Auto Mode

Yuto KUWASAKO *

Department of Anesthesiology, School of Medicine, Showa University, Tokyo, 142-8666

Auto Flow is a function that automatically regulates inspiratory flow through a mechanical ventilator and the opening and closing of inspiratory and expiratory valves in response to changes in the disease state of the lung or in the inspiratory flow of spontaneous respiration. Auto Flow allows suppression of an abnormal increase in airway pressure during volume control ventilation or a decrease in airway pressure during inhalation triggering.

Auto Mode is a regulatory function that promptly and automatically switches to patient trigger ventilation if a patient begins to breathe spontaneously during controlled mechanical ventilation. In other words, when spontaneous respiration is detected during controlled mechanical ventilation modes such as PCV, VCV and PRVC, Auto Mode changes to patient trigger ventilation modes such as PSV and VSV. Conversely, if spontaneous respiration stops during patient trigger ventilation, Auto Mode reverts to controlled mechanical ventilation.

1. auto flow

換気モードは調節換気と部分的補助換気に大別され、さらに量ならびに圧規定換気に分けられる。量規定調節換気では、コンプレッションボリュームの影響を受けるものの、1回換気量（VT）が保証されるという利点がある。しかし、肺の病態の変化により肺コンプライアンスが低下したり気道抵抗が上昇すると、急激に気道内圧が上昇するという問題点を有している。また、人工呼吸時の送気中に自発呼吸が出現してファイティングを起こすと、気道内圧が著明に上昇する。一方、SIMVやMMVなどにおいて、患者の吸気流量が

増大すると、人工呼吸器からのデマンド吸気流量が不足するため、吸気トリガー時に気道内圧が低下し吸気仕事量が増大する。また、これらの換気モードでは人工呼吸器からの送気が自発呼吸に合致するのは吸気開始時期だけであり、送気時間ならびに送気流量は一定である。したがって、自発呼吸の呼気相に強制換気がなされるとファイティングにより気道内圧が著しく上昇するという問題点がある。このような量規定換気における問題点は、人工呼吸器の吸気流量ならびに吸気時間が設定以後不変であることに起因する。したがって、量規定換気時の異常な気道内圧の上昇や吸気トリガー時の気道内圧の低下を抑制するためには、肺の病態の変化や自発呼吸の吸気流量に合わせて、人工呼吸器の吸気流量・吸気時間が適時調節され

* 昭和大学医学部麻酔科学

る必要がある。

auto flow は Dräger 社製 Evita XL, 4, 2dura, savina などに搭載されており，肺の病態の変化や自発呼吸の吸気流量の変化に対して，人工呼吸器の吸気流量や吸気・呼気バルブの開閉が自動制御される機能である。その制御機構は，自発呼吸に同調しやすい圧規定換気である biphasic positive airway pressure (BIPAP) の原理と類似している。

auto flow の効果を知るためには，流量ならびに気道内圧などの変化を観察すると理解しやすい

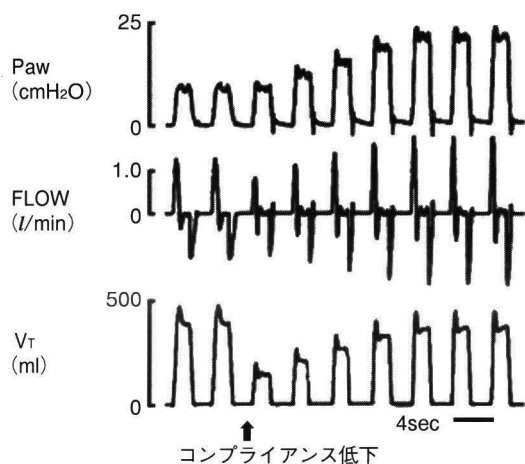


図 1 Auto Flow

ので，テスト肺を人工呼吸した際の波形を図に示した。

1) VCV における auto flow の効果

(a) コンプライアンス低下時における気道内圧・流量・ V_T の変化

V_T が 500ml，換気回数が 15 回 / 分の VCV 中に，コンプライアンスを 50 から 25ml/cmH₂O に低下させた。コンプライアンスの低下により，PCV 施行時のように V_T が約 200ml にまで減少するが，1 呼吸ごとに V_T が徐々に増加して 5 呼吸目には設定 V_T である 500ml に回復する (図 1)。人工呼吸器の吸気流量は，1 呼吸あたりの気道内圧の変化が 3cmH₂O 以内に収まるように自動的に増加する。また，設定 V_T に回復した際の吸気流量は，初期設定よりも増加するが，流量・気道内圧・肺コンプライアンスなどを自動測定することにより，必要最低の圧で設定 V_T が得られるように制御されている。

auto flow を付加した VCV における気道内圧・流量・ V_T などの変化は，Servo 300A ならびに Servo-i に搭載されている PRVC (pressure regulated volume control) と類似している (図 2)。auto flow を付加した VCV と PRVC とを比較すると，人工呼吸中の気道内圧・肺コンプライアンスなどの測定方法はそれぞれ異なるものの，漸減型流量，1 呼吸あたりの気道内圧の変動幅 (3

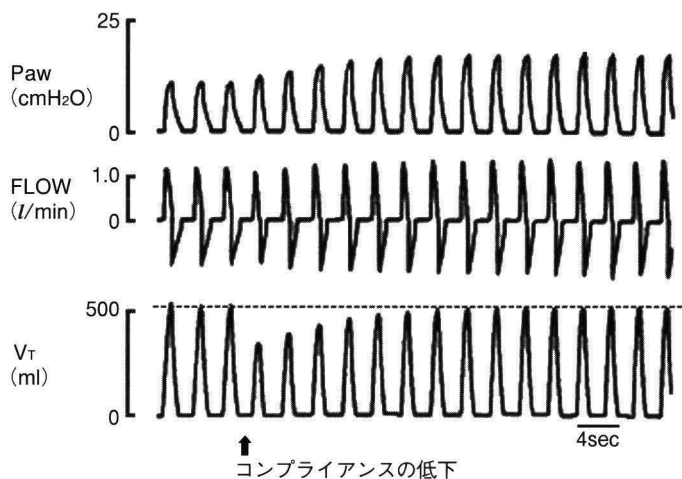


図 2 PRVC (Servo 300A)

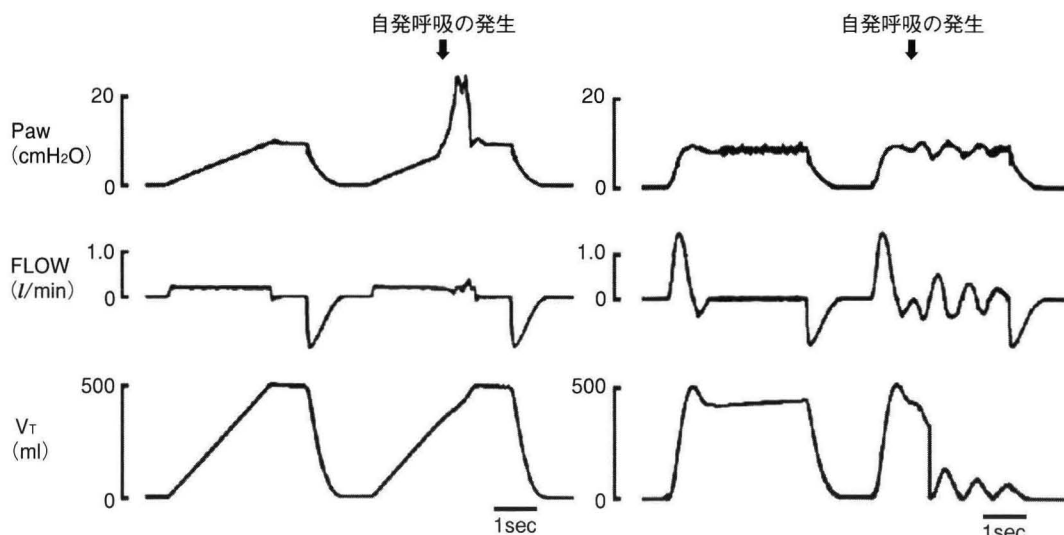


図3 Auto Flow なし

図4 Auto Flow あり

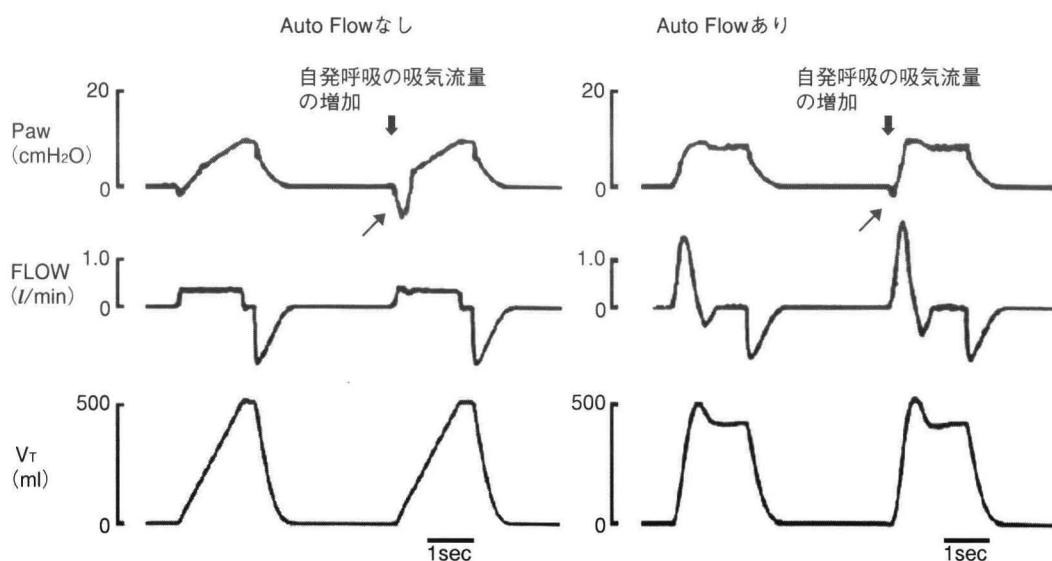


図5 SIMV 単独のトリガー時の変化

図6 Auto Flow を付加した SIMV のトリガー時の変化

cmH₂O 以内), 自発呼吸の許容などの機能は, ほぼ同一である。

(b) 送気中の自発呼吸発生時の変化

VCV の送気中に自発呼吸を発生させると, auto flow を付加していない場合には, 図3に示すようにファイティングにより気道内圧が25

cmH₂O にまで著明に上昇する。一方, auto flow を付加していると, 自発呼吸に合わせて人工呼吸器の吸気流量が制御されるので, 気道内圧の変動が抑制される (図4)。吸気流量の波形は, auto flow を付加していない場合には矩形波に対して, auto flow を付加した場合には漸減波である。

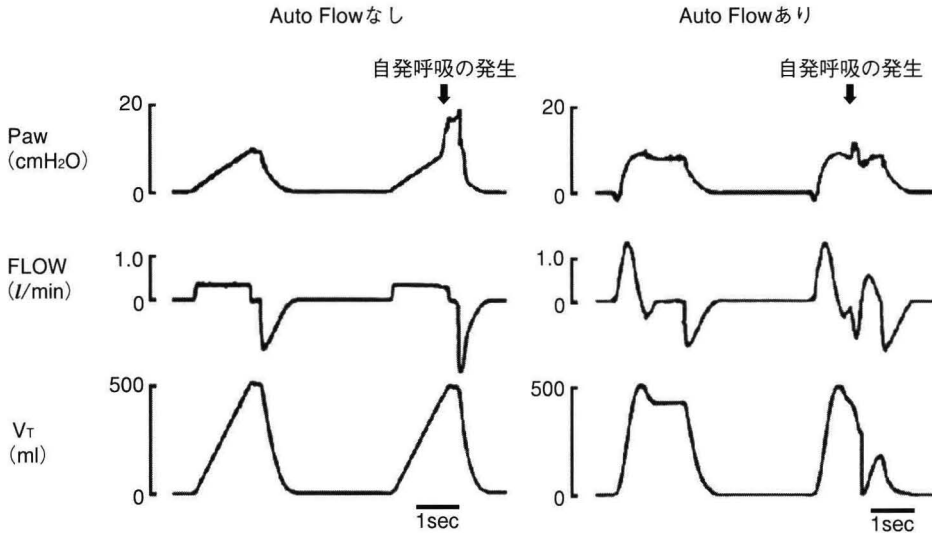
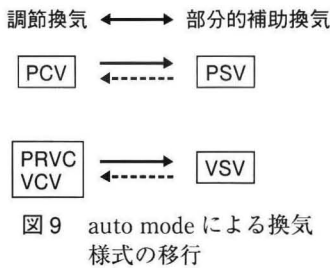


図7 SIMV 単独の自発呼吸発生時の変化

図8 Auto Flow を付加した SIMV の自発呼吸発生時の変化



auto flow を付加していない場合には、一定の流量で送気されているためにファイティングを起こし、気道内圧が著明に上昇する（図7）。一方、auto flow を付加していると、吸気流量が制御されて気道内圧の変動が抑制される（図8）。

2. auto mode

auto mode は、調節換気施行時に自発呼吸が出現した際に、自動的かつ速かに部分的補助換気へ移行する制御機能である。すなわち、PCV、VCV、PRVC などの調節換気において自発呼吸が発生すると、PSV や VSV などの部分的補助換気へ移行し、逆に移行した部分的補助換気作動時に自発呼吸が消失すると、元の調節換気に復帰する。移行する部分的補助換気の様式は、図9に示すようにおのおの調節換気で決定しており、PCV では PSV へ、また VCV や PRVC では VSV へ移行する。

auto mode は Servo 300A ならびに Servo-i に搭載されており、Servo 300A では標準装備、一方、Servo-i ではオプション装備である。それぞれの機種における auto mode の自動制御方法は多少異なっており、調節換気から部分的補助換気に移行するタイミングは、Servo 300A では常に自発呼

2) SIMV における auto flow の効果

(a) 吸気トリガー時の変化

V_T が 500ml、換気回数が 12 回 / 分の SIMV 施行中に自発呼吸の吸気流量を増加させると、auto flow を付加していない場合にはデマンド吸気流量が不足するために、トリガー時に気道内圧が約 7cmH₂O 低下する。すなわち、トリガーに要する吸気仕事量が増大する（図5）。一方、auto flow を付加していると、自発呼吸の吸気流量が増加しても、それに合わせてデマンド吸気流量が増加するので、気道内圧の低下は抑制される。したがって、トリガーに要する吸気仕事量の増大が軽減される（図6）。

(b) 送気中の自発呼吸発生時の変化

SIMV の送気中に自発呼吸が発生させると、

吸が2呼吸連続して出現してからである。一方、Servo-i では初回の自発呼吸出現時には、Servo 300A と同様に2呼吸連続して出現すると、調節換気から部分的補助換気へ移行する。しかし、部分的補助換気から調節換気に復帰後に、再度自発呼吸が出現した場合、すなわち、2回目以後には1呼吸目の自発呼吸時から部分的補助換気へ移行する。

部分的補助換気へ移行後に、無呼吸の状態（無呼吸経過時間）が定められた時間を経過すると、元の調節換気に復帰する。Servo 300A における無呼吸経過時間は、成人では12秒、小児においては8秒、乳児においては5秒に固定されている。一方、Servo-i では成人においては7～12秒、乳幼児においては3～7秒の間で無呼吸経過時間を任意に設定することが可能である。さらに、Servo-i における無呼吸経過時間は、トリガー回数によって自動的に変動する。すなわち、10回以上トリガーされた後に無呼吸となった場合には、設定した無呼吸経過時間後に調節換気へ復帰するが、無

呼吸になる前のトリガー回数が10回未満であると、トリガー回数が少ないほど無呼吸経過時間が短くなる。したがって、同じ auto mode であっても、Servo-i の方が自動制御機能が高い。

auto mode の利点について、調節換気から部分的補助換気への変更を手動で実施した群と auto mode を用いた群のウィニングに要した期間を比較したところ、auto mode の方が短期間であったとの報告がある。したがって、auto mode は人工呼吸器からの離脱を促進する機能であると期待されている。さらに、部分的補助換気施行時の無呼吸に対する安全機構として有用と考えられる。

引用文献

- 1) H Roth, M Quintel, R Tillman, et al : Interractive ventilation : first experience with patient controlled weaning by using a Siemens-SV300 Automode ventilator. Crit Care 2 (suppl 1) : 81, 1998