

〔一般演題〕

Pressure Support Minimum Minute Ventilation の試み

—主に術後患者の weaning に際して—

尾崎 眞* 宮崎 俊哉*
渡辺 雅晴* 藤田 昌雄*

はじめに

Intermittent Mandatory Ventilation (IMV) による人工呼吸からの離脱は、近年きわめて一般的なものになってきている。また、Hewlett¹⁾、真鍋²⁾らにより導入された Extended Minute Mandatory Ventilation (EMMV) も様々な検討が加えられ、いくつかの市販の人工呼吸器にそのモードが取り入れられつつある。これに対して、Pressure Support 圧を可変させて最低分時換気量を保証してやる呼吸モードである Pressure Support Minimum Minute Ventilation (PSMMV) による人工呼吸器からの離脱方法についての報告はない。

そこで、われわれは今回 PSMMV の概念と実際の臨床例に考察を加えて報告する。

PSMMV とは

一般的に Minute Mandatory Ventilation (MMV) においては、自発呼吸と器械換気の総和は一定に保たれている。図1はその1例であるが、ここでは目標分時換気量を8リットル/分として設定している。もっとも左のようにまったく自発呼吸がない場合にはすべての換気が呼吸器側によりなされる。徐々に自発呼吸による換気量が増えてくるにしたがって、器械側は8リットルに足りない分だけを換気し、ついにはもっとも右にあるように自発呼吸だけでも設定分時換気量である8リットルを越えてしまい器械換気は行われな

くなる。ここでの人工呼吸器による換気は、「設定1回換気量」×「換気回数」=「設定分時換気量」となるように、その時どきの自発呼吸量により「換気回数」が増減するようになっているのが普通である。

一方、今回検討を行った Hamilton 社 VEOLAR における PSMMV では、図2に示したように患者の8呼吸分の換気量を積算して分時換気量を予測する。その上で、設定分時換気量との差を検定して、不足していれば1cmH₂O ずつプレッシャーサポート圧を上昇させて行き、上回っていれば1cmH₂O ずつ下げていく。プレッシャーサポート圧は、設定圧を最低値として最高圧30cmH₂O までの間を変化する。この際のプレッシャーサポートでは、設定した気道内圧に達しても、吸

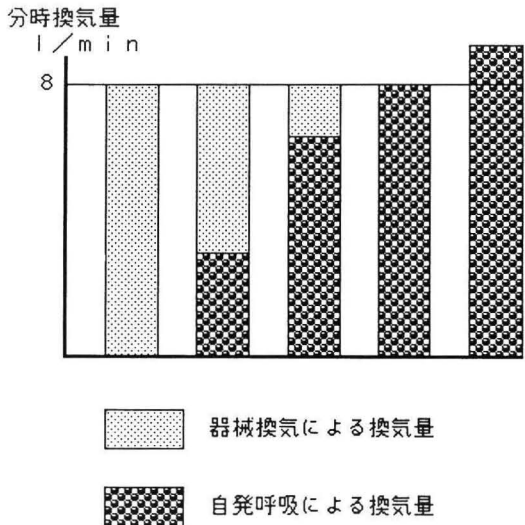


図1 MMV (minute mandatory) の概念

* 東京女子医科大学麻酔科中央 ICU

気流量がピーク値の 25% まで減少するまで流量を送り続けている。

症 例

今回このような PSMMV により術後の weaning を計ったのは表 1 の 8 例であった。いずれの症例も手術室より ICU へ入室直後は調節補助呼吸にて管理された。自発呼吸の出現を確認後、全身状態を評価して人工呼吸器からの離脱が可能である場合に、PSMMV モードへの移行が行われた。

PSMMV へ移行するには具体的な基準は現在

PSMMV: Pressure Support Minimum Minute Ventilation

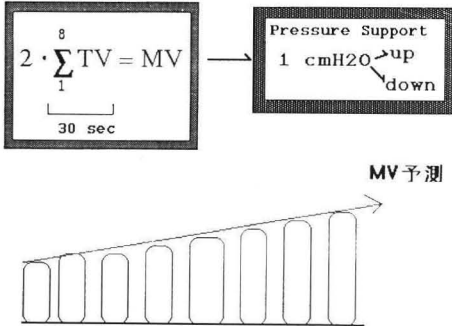


図 2 PSMMV (pressure support minimum minute ventilation) の概念

のところない。われわれが今回試みた方法は次の通りであった。患者が覚醒し循環系その他の全身状態に問題がなく自発呼吸が現われた時点で、図 3 コントロールパネルで自発呼吸モードとして、呼吸数、1 回換気量、分時換気量を評価する。その上で、適正と考えられる分時換気量となるようにプレッシャーサポート圧を見だし、その半分の値を設定する。この値が、最低値となり 30 cm H₂O までの間をプレッシャーサポート圧が可変される。8 例中、7 例までがその設定値は 5 cm H₂O であり、残る 1 例は 7.5 cmH₂O であった。

図 4 は、PSMMV 前後の FI_O₂, PaO₂, PaCO₂ の変化である。いずれも有為な相違は見られなかつ

表 1 症例一覧

肺癌術後	70 歳
高体温療術後	28 歳
自然気胸術後	67 歳
胃癌術後	73 歳
肺癌術後	65 歳
高体温療術後	47 歳
腎移植レシビ	38 歳
高体温療術後	40 歳
合 計	8 例

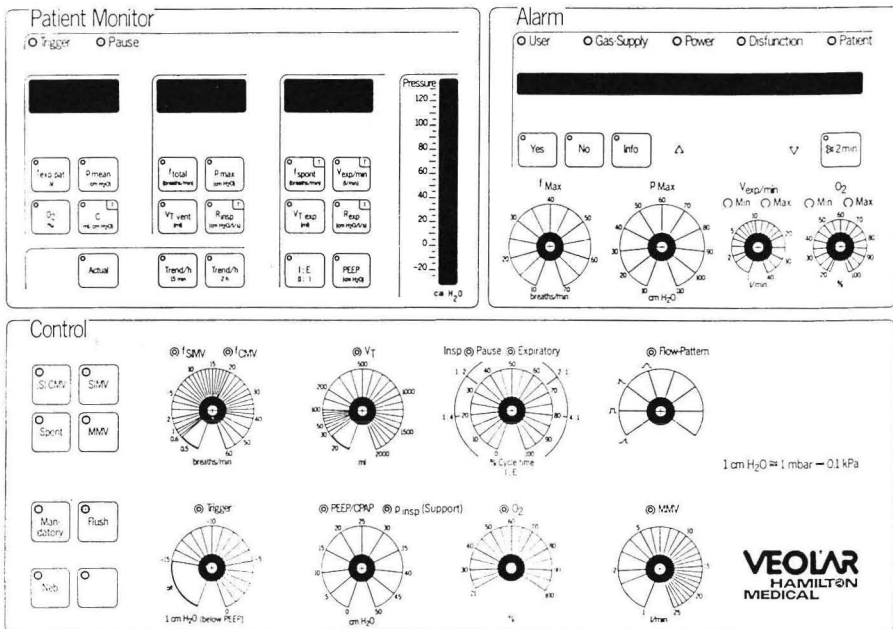


図 3 VEOLAR コントロールパネル

た。FiO₂ は、weaning の過程で下げていった例が多かったために下降しており、それに伴って PaO₂ も 200 torr 前後より 150 torr 辺りへと変化している。PaCO₂ は、32 torr 前後より 38 torr 辺りへと上昇傾向にあった。これは調節補助呼吸モードにおいてどちらかと言えば過換気傾向であったものが自発呼吸を中心としたモードへと切り替わったことにより適正換気へと移行していったものと考えられた。

図5は、PSMMV 前の調節補助呼吸モードでの上が気道内圧 (cmH₂O), 下が換気量 (ml) を記録したものの1例である。この時点ではすでに患者に自発呼吸が出現し始めており、吸気開始時の陰圧のディップを上段の気道内圧曲線に見ることができる。注目して欲しいことはこのモードにおいては1回換気量として設定された量が押し込まれており、気道内圧ともどもほとんど患者の呼吸状態によって可変されてはいない点である。他方、図6はPSMMV モードでの気道内圧曲線(上段)と換気量曲線(下段)の1例である。この場合、先の図5とは異なって換気量の増加に伴って、ここでは設定最低プレッシャーサポート圧まで気道内圧が下降して来ているのが分かる。

図7では、図中頃の矢印の時点で鎮痛薬の投与を行っている。この時を境に上段の気道内圧がだんだんと上昇してきている。すなわち鎮痛薬投与により換気量(下段)が減少してきたのでプレッシャーサポート圧が1cmH₂O ずつ上昇してきて

いる例なのであった。前述したように8呼吸分を積算した換気量の2倍を分時換気量として仮定し

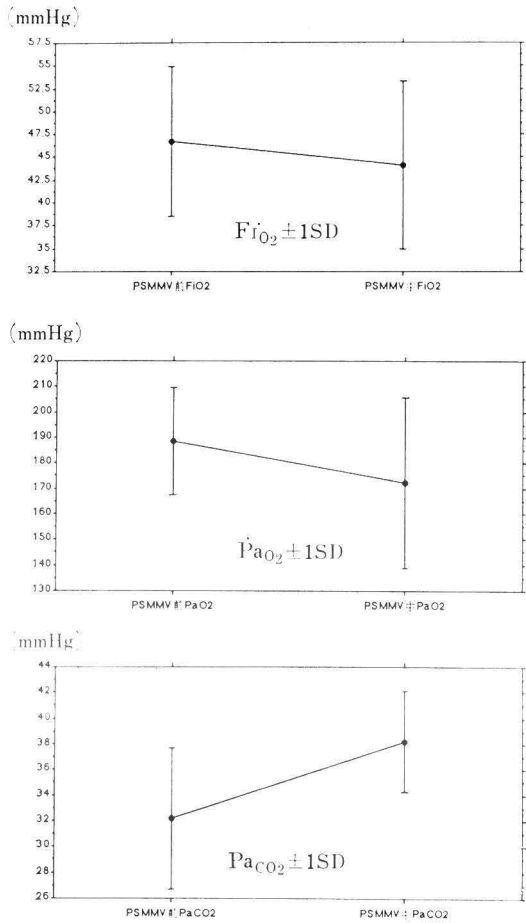


図4 PSMMV 前後の血液ガスの変動

(←時間軸)

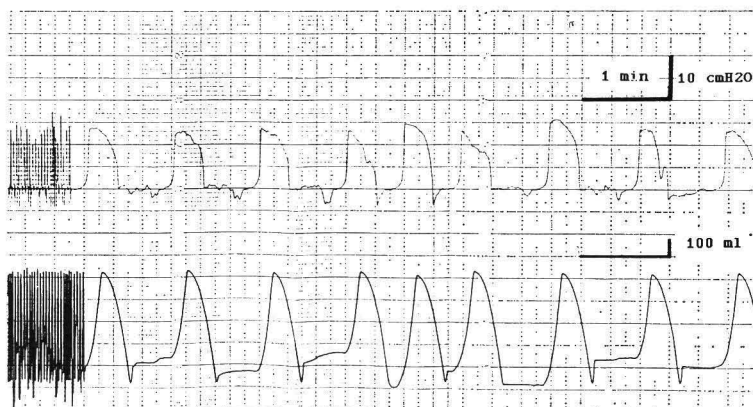


図5 PSMMV 前の調節補助呼吸モードでの気道内圧(上段), 換気量(下段)

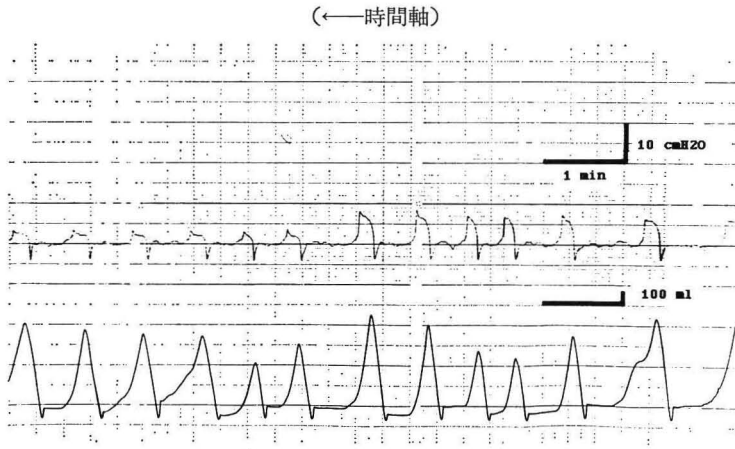


図 6 PSMMV モードでの気道内圧 (上段), 換気量 (下段)

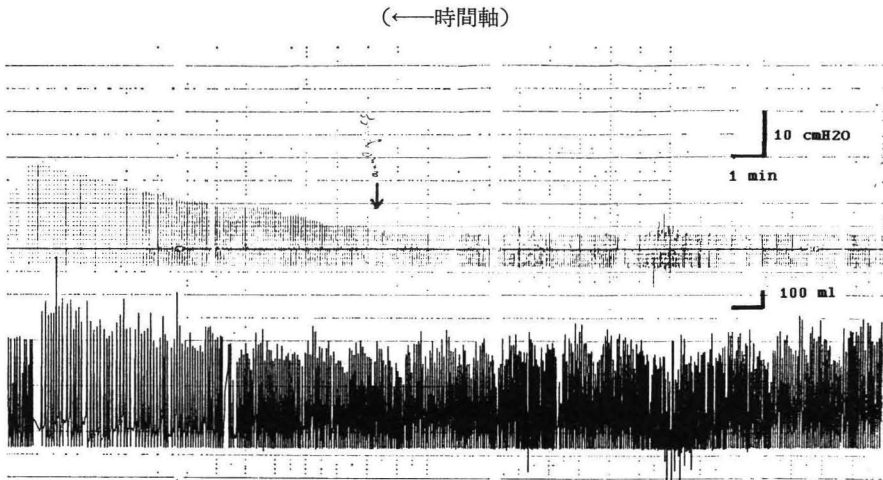


図 7 気道内圧 (上段) と換気量 (下段) のトレンドグラム

矢印の時点で鎮痛薬が投与されている。

て設定値との間での検定を行うためここで見られるように患者の状態に即応することができると思われた。図 8 は、PSMMV による weaning が順調に進み、T ピースを用いた自発呼吸へと移行する直前の例である。今までと同じく、上段が気道内圧曲線であり、自発分時換気量の増加に伴って上段気道内圧曲線で見ることのできるプレッシャーサポート圧が下降してきて設定最低値となっているところが示されている。この後、この例では T ピースによるいわゆる吹き流しでの自発呼吸となり円滑に抜管することができた。

図 9 では、ICU 入室時の調節補助呼吸モードから PSMMV モードへ切り替わる (図で 11:00

以降) 前後の呼気 1 回換気量 (V_{texp}), 呼気分時換気量 ($V_{exp/m}$), 総呼吸数 (F_{tot}), 自発呼吸数 (F_{spont}), 吸気呼気比 (I/E), 最大気道内圧 (P_{max}), 平均気道内圧 (P_{mean}), 呼気時間 (T_{exp}), 酸素濃度 (O_2) を 15 分おきに実測値をデジタルで出力した 1 例である。ここで顕著なのは、PSMMV モードへ切り替わった 11:00 以降、平均気道内圧 (P_{mean}) が低くなっている点である。分時換気量が設定された 7 リットルとなるようにプレッシャーサポート圧が可変する方式であるために、定められた 1 回換気量を押し込むその前のモードに比べて気道内圧が低くより生理的に保たれたと考えられた。

(←時間軸)

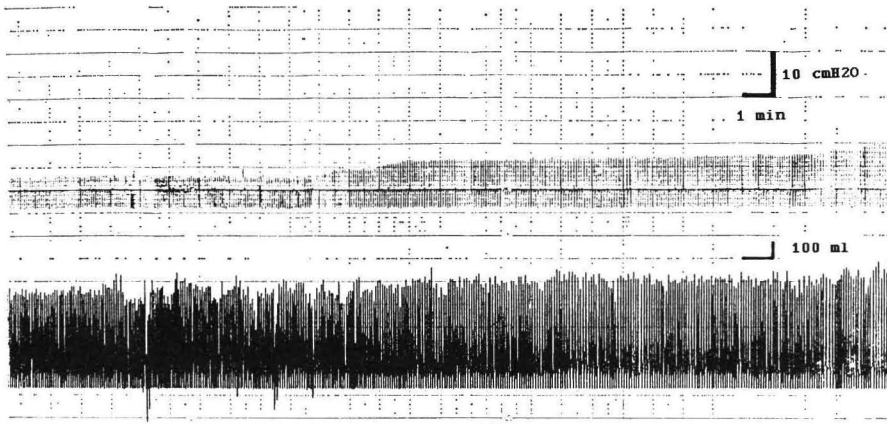


図 8 PSMMV で weaning 進行中の気道内圧 (上段) と換気量 (下段)

```

*****
*
* Ventilator-Number:      01 * Patient name   :
* Date :                  27.JUN.88 * Patient number:
* Page :                   1 * Date of birth :
*                               * Sex             :
* 15 MIN MONITORING      *
* ----- * ( units as on frontpanel )
*****
* TIME  Vtexp  Vexp/m  Ftot  Fspont  I/E  Pmax  Pmean  PEEP  Texp  O2  Rinsp  C  *
* -----
* 09:00  620   7.6    12    1: 2.05  19   5 ---  1.6  47  ---  --- *
* 09:15  606   8.3    14    1: 1.60  17   6 ---  1.4  48  ---  --- *
* 09:30  589   6.9    12    1: 0.80  17   6 ---  1.6  47  ---  --- *
* 09:45  587   7.6    13    1: 0.75  17   8 ---  1.6  47  ---  --- *
* 10:00  589   7.6    13    1: 0.70  17   8 ---  1.5  48  ---  --- *
* 10:15  620   7.9    13    1: 0.70  17   8 ---  1.7  48  ---  --- *
* 10:30  646   4.9     7    1: 1.95  17   4 ---  1.6  47  ---  --- *
* 10:45  636   5.5     8    1: 1.85  17   4 ---  1.7  48  ---  --- *
* 11:00  367   7.0    16     8  1: 2.90  4    3 ---  1.6  48  ---  --- *
* 11:15  458   7.7    18    18  1: 2.20  7    1 ---  1.8  38  ---  --- *
* 11:30  394   7.5    20    20  1: 1.90  7    1 ---  1.6  38  ---  --- *
* 11:45  387   7.1    18    18  1: 2.20  4    0 ---  1.7  38  ---  --- *
* 12:00  395   7.0    18    18  1: 2.40  4    0 ---  1.8  38  ---  --- *
    
```

図 9 調節補助呼吸モードから PSMMV モードへと移行した前後の各種呼吸パラメータ (本文中参照) のデジタル値

考 案

IMV による weaning では設定された「1回換気量」×「呼吸数」において、「呼吸数」は常に一定であるために自発呼吸が増減した際に適正換気を得るためには「呼吸数」の再設定が必要である。さもなければ低換気または過換気状態に患者はさらされることになってしまう。MMV におい

ては、分時換気量が一定レベルに維持されるためにこのような事態は生じない利点^{1)~3)}がある。

他方, demand valve type の人工呼吸器において自発呼吸の場合に患者は余計な呼吸仕事をしなくてはならない⁴⁾⁵⁾。その原因は、1つには患者の吸気開始から強制換気開始までのタイムディレイによって起こる吸気抵抗であり、2つ目には患者の自発呼吸部分での弁の開閉やら回路内抵抗に伴

って生じる呼吸仕事である。Pressure Support Ventilation (PSV) は、この2つ目の弁と回路内抵抗の負担を軽減するために陽圧で吸気フローを押し込む方法で、患者は閉塞感や窒息感が少なくなると言っている。また PSV では設定した気道内圧に達しても吸気流量がある一定の量まで低下するまで流量を送り続ける（今回使用した VEOLAR では吸気流量が 25% 以下になるまで）。このことが、補助呼吸との大きな違いであり、補助呼吸では設定された1回換気量が送り込まれると患者がもっと吸おうとしても不可能でありファイトニングの要因となる。

以上のような MMV と PSV の両者の良いところを取り入れたのが、今回われわれが術後患者の weaning に試みた PSMMV なのであった。MMV の欠点と言われている、小さな浅い呼吸量で頻回に自発呼吸をした場合に有効肺胞換気量が減少する点⁶⁾も PSMMV であれば防ぐことができ、患者の呼気分時換気量と有効肺胞換気量とを一致させることが可能であると考えられた。

PSMMV を開始するに当たっての最適なプレッシャーサポート圧設定の問題についてベネット 7200 a のマニュアルには、患者の気道抵抗および回路抵抗によって生じる粘性抵抗を打ち消すための圧を設定せよとあり、具体的には 5 cmH₂O 前後とされている。一般的にも人工呼吸器装着下において自発呼吸を楽にさせるためには、3~5 cmH₂O の圧設定で良いとされている⁷⁾⁸⁾。これに対して、われわれは今回使用した呼吸器 VEOLAR のモニター機能を活かして、調節補助呼吸から SMMV の移行に際して、患者の自発呼吸を評価し、1回換気量 10~15 ml/kg、分時換気量 10 ml/kg×10~15 となるようにプレッシャーサポート圧を見いだした。その上でその半分の圧を最低保障圧として PSMMV を開始したのであった。すでに述べたように、今回試みた 8 例中 7 例はその設定値は、5 cmH₂O であって、残る 1 例が 7.5 cmH₂O だった。weaning 初期から 1 回換気量 10~15 cmH₂O/kg を維持するような比較的高い圧設定 (10 cmH₂O 以上) で PSV を行う試みもなされており、患者の違和感の少なさや呼吸の楽さが強調されているが⁹⁾、患者の呼吸状態が良くなってくる

につれて高い圧設定では逆に無理に押し込まれているような感じも生じるので、この点でもプレッシャーサポート圧が患者の状態により可変される PSMMV は優れていると言えよう。

また 図 9 でも示したが PSMMV では、通常の MMV と異なり患者の 1 回換気量に必要な最低限の圧を補助するだけで設定分時換気量を確保するために、気道に与える内圧変化が低い点も特長と思われる。他方、このすべてが患者の自発呼吸に依存している点が問題になることもある。すなわち、従来の MMV では、「設定 1 回換気量」×「換気回数」=「設定分時換気量」となるように「換気回数」が増減する。したがって鎮痛剤等で自発呼吸数が減少したときにでも対応可能であるが、PSMMV では少ない呼吸数で設定分時換気量を確保するために 1 呼吸に対するプレッシャーサポート圧が最大圧である 30 cmH₂O まで上昇してしまう事態が生じる。圧が最大まで上昇しても分時換気量を満たせなかった場合にはバックアップモードである IMV へと自動的に変わる。したがって、NLA 麻酔後などの術後患者の weaning において PSMMV へ移行するにはきめの細かい呼吸状態の評価が必要である。逆に言えば、厳格に呼吸状態の観察をするきっかけが生じるので、漫然と単に従来の方法で weaning する落とし穴を避けられると考えられた。

まとめ

PSMMV は、従来の MMV、IMV に比べて患者に急激な気道内圧の変化を与えずに、また少ない呼吸仕事量で weaning できる方法であると思われる。

文献

- 1) Hewlett AM, et al : Mandatory minute volume, A new concept in weaning from mechanical ventilation. *Anesthesia* 32 : 163, 1977
- 2) 真鍋雅信ほか : Weaning における新しい換気方式 分時強制換気 (minute mandatory ventilation). *臨床麻酔* 6 : 47, 1982
- 3) Norlander O : New concept of ventilation. *Acta Anesth Belgica* 23 : 221, 1982
- 4) 窪田達也ほか : 人工呼吸中 (IMV 中) の患者の呼

吸仕事量について。麻酔 30 : S93, 3981

- 5) 窪田達也ほか：AAV による weaning について IMV 中の患者の呼吸仕事量に関する検討。人工呼吸 31, 1981
 - 6) Graybar GB, et al : Apparatus and techniques for IMV. Int Anesth Clin 18 : 53, 1980
 - 7) 沢 恒ほか：Pressure support について。臨床麻酔 9 : 1529, 1985
 - 8) 山口 修：Pressure support の設定レベルについて。人工呼吸 3 : 90, 1986
 - 9) MacIntyre NR : Respiratory function during pressure support ventilation. Chest 89 : 677, 1986
-