

## 〔一般演題〕

## Pressure cycle による pressure support の試み

安 本 和 正\* 小 西 由美子\*  
 伴 美 夕 貴\* 蜂 巣 信 男\*\*

各種テクノロジーの進歩により、新しい人工呼吸様式がいくつか開発されてきた。pressure support ventilation (以下 PSV と略す) もそのひとつであり、人工呼吸器を装着して自発呼吸を行うと回路抵抗および弁などが存在するために、呼吸仕事量が増大するので、当初はこの呼吸仕事量の減少を目的として導入された<sup>1)</sup>。しかし PSV は、現在では開発時の目的以外にも応用され、換気量の増大やウィニング時にも使用されている。このようにその用途は拡大しており、将来多用される可能性のある換気様式と考えられている。

PSV を行うには比較的性能の良い、高価な人工呼吸器が必要と考えられているが、Downs<sup>2)</sup> は従圧式人工呼吸器を用いて補助呼吸モードにすると、PSV と同様の換気が得られる可能性を示唆した。

今回著者らは Downs の提言のもとに従圧式人工呼吸器によって PSV を行えるか否かを、ボランティアによるモデル実験を行った後に成犬を対象とした基礎的実験を行い、両者において pressure volume curve (PV カーブ) を描くことにより検討したので報告する。

## 研究方法

Servo ventilator 900 C, Engstrom ERICA, Newport ventilator E 100 A, および Bird 7 を用いて以下の検討を行った。

1) Servo ventilator 900 C および Engstrom ERICA の換気モードを PSV にしてマウスピースを通して自発呼吸を行い (健康成人が対象)、数種類の support レベルにおける PV カーブを記録した。

2) ネブタール麻酔下雑種成犬を対象にして、Servo ventilator 900 C を用いて PSV と Newport ventilator E 100 A および Bird 7 による従圧式補助呼吸を行い、PV カーブを記録し、PSV と従圧式補助呼吸とを比較した。なお、従圧式の補助呼吸を行った際には、トリガーレベルならびに、定常流などの設定条件を随時変更し、その際の PV カーブの推移を比較した。

## 結 果

図 1 の上段に Servo ventilator 900 C を用いて PSV (設定圧を左より 15, 25 cmH<sub>2</sub>O にセット) を行った際の PV カーブを、一方下段は Engstrom ERICA による PSV モードにおける PV カーブをそれぞれ示した。図 1 に見るように同一の換気モードを用いて人工呼吸を行っていても、用いた人工呼吸器の機種により得られた PV カーブは異なっていた。

Newport ventilator E 100 A のモードを従圧式の補助呼吸にし、流速を調節して、かつ適切な定常流を用いた際に得られた PV カーブを図 2 に示した。上段左より 5, 10, 13 cmH<sub>2</sub>O, 下段左より 15, 20, 25 cmH<sub>2</sub>O にそれぞれ従圧式換気における圧設定を行ったが、設定圧が低い場合の PV カーブは ERICA による PSV の、一方設定圧が高い場合には Servo 900 C による PSV の PV カーブにそれぞれ類似した波形を得た。

2) 図 3 はネブタール麻酔下の体重 16 kg の雑種成犬に、Newport ventilator E 100 A により従圧式補助呼吸を行った際の PV カーブを示した。設定圧は左側 10, 右側 15 cmH<sub>2</sub>O であるが、PV カーブは PSV 時に得られるものに近似した。

3) Newport ventilator E 100 A を用い、従圧式補助呼吸モードにおいて、a) 流量を過剰に、b)

\* 昭和大学医学部麻酔学教室

\*\* メディランド

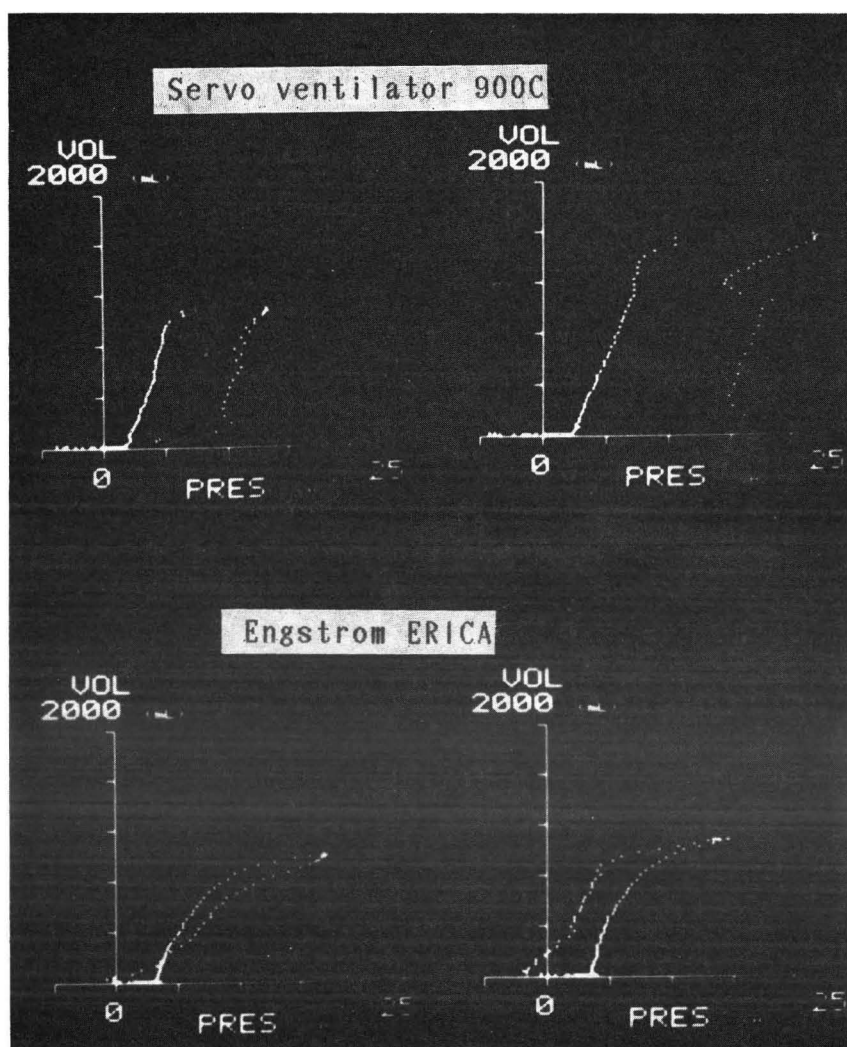


図1 Servo ventilator 900C および Engstrom ERICA による  
PSV における PV カーブ

流量を少なく、c) トリガーレベルを鈍く、それぞれ設定した場合の PV カーブを図4に示した。設定条件が悪いと PSV とはまったく異なった PV カーブとなった。

同様の設定条件において Bird 7 を用いた際の PV カーブを図5に示した。Newport ventilator E 100 A と同様に設定条件が犬の自発呼吸に良く適合した場合には PSV 時に得られる PV カーブに近似したが、換気条件が不適合であると PSV とはまったく異なった PV カーブとなった。Newport ventilator E 100 A と Bird 7 とを比較すると、上記のごとく条件設定が良い場合には両

者において従圧式換気モードによっても PSV に類似した PV カーブを得ることができた(図6)が、定常流の存在する Newport ventilator E 100 A の方がたやすく換気条件を設定することができた。Bird 7 では流量が多すぎると PV カーブは図5右のような複雑な曲線となり、反対に流量が少ない場合には左のような波形となり、PSV の波形とはまったく異なった。

#### 考 察

PSV は、その概念が導入されてからまだ10年未満の新しい人工呼吸様式である。人工呼吸器接

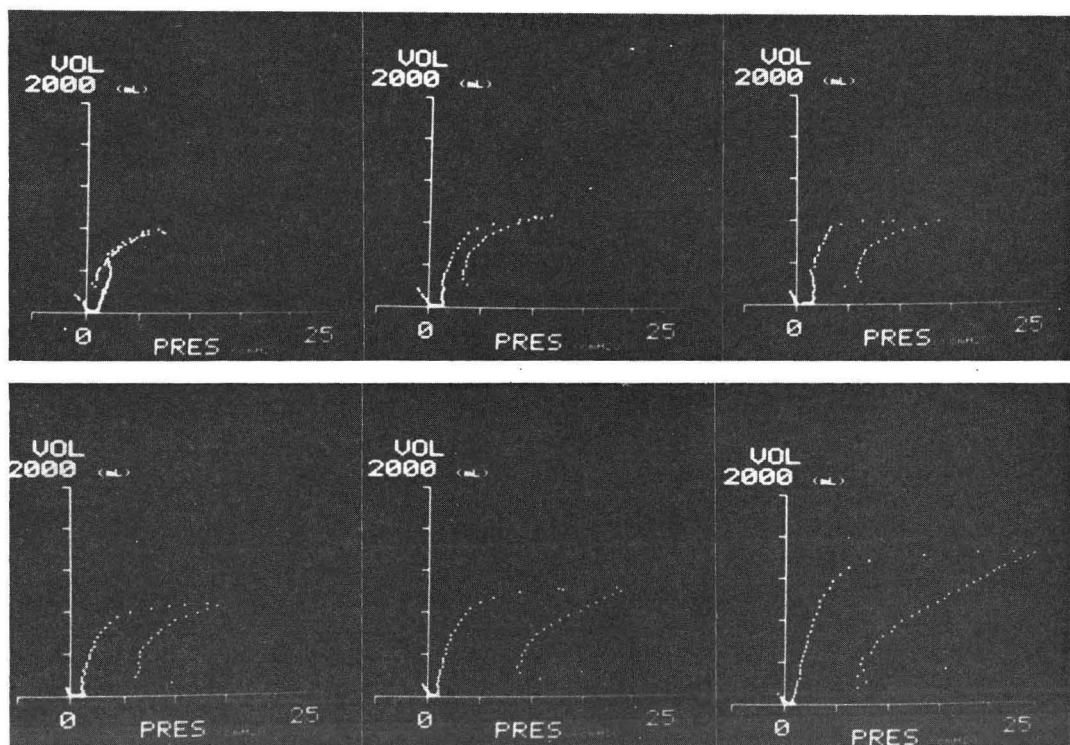


図 2 Newport ventilator E 100A による従圧式補助呼吸モードにおける PV カーブ

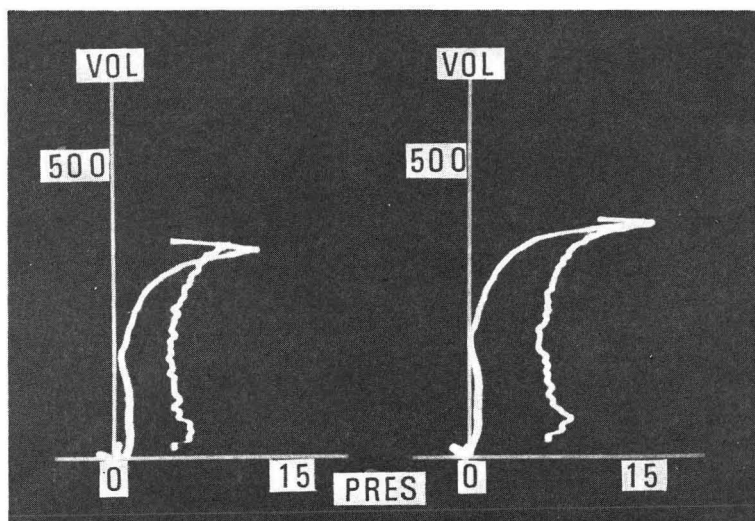


図 3 雑種成犬に Newport ventilator E 100A により従圧式補助呼吸を行った際の PV カーブ

続時に自発呼吸を行うには、まず吸気弁を開くために回路内を陰圧にしなければならない。また引き続いてガスの供給を受けるためには、吸気が終了するまで回路内を吸気努力により陰圧に保たね

ばならない。したがって、大気下において呼吸する際よりも、呼吸仕事量は増加する。この現象は、呼吸予備力の乏しい呼吸不全患者にとっては大変な苦痛であり、負荷となる。

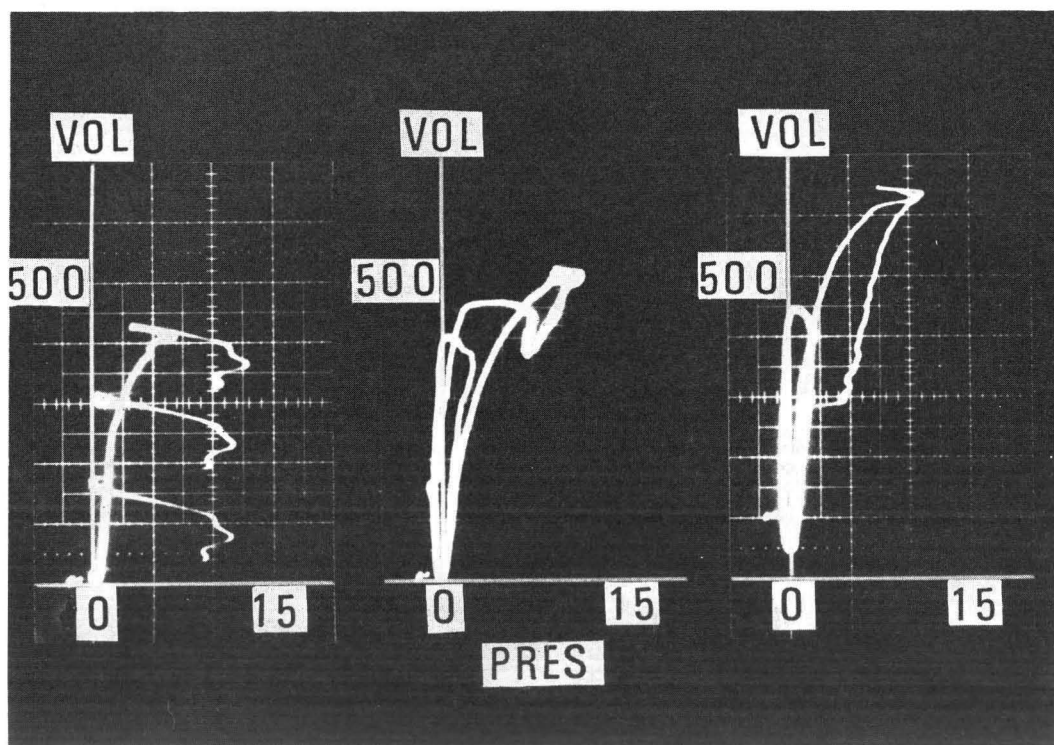


図 4 Newport ventilator E 100A を用いて従圧式人工呼吸を行った際の PV カーブ  
設定条件が悪いため PSV と異なった PV カーブを呈した。

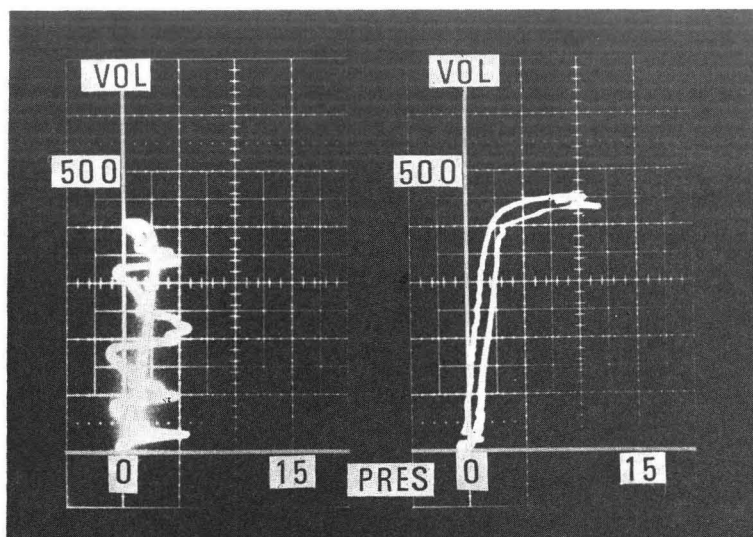


図 5 Bird 7 を用いて従圧式人工呼吸を行った際の PV カーブ  
設定条件が悪いために PSV と異なった PV カーブを呈した。

現在では、呼吸不全は呼吸筋の疲労に起因する  
と考えられているので、人工呼吸器を装着する  
ことにより呼吸仕事量が増えるならば、治療効果を

得られないだけでなく、呼吸筋の疲労を増大する  
ため、かえって病態の悪化を招来すると思われる。  
人工呼吸器装着時に生じる呼吸仕事量の増加を

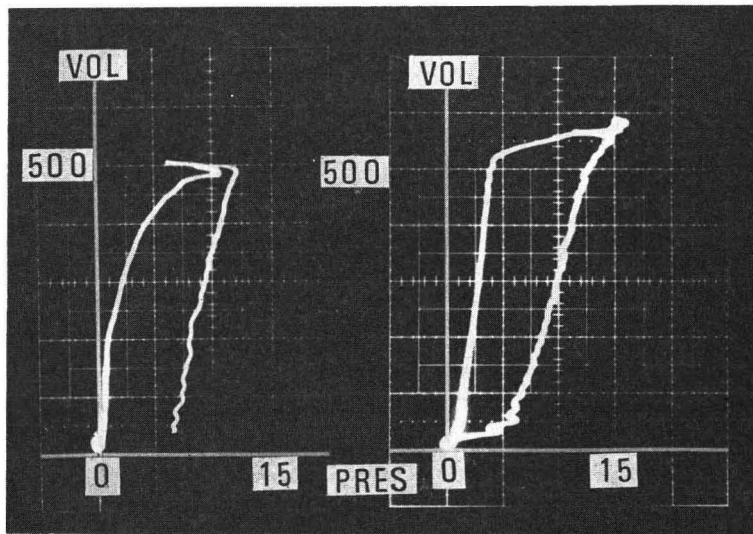


図 6 Newport ventilator E 100A と Bird 7 の従圧式補助呼吸モードにおける PV カーブ  
設定条件が適切で PSV と類似した PV カーブを得た。

軽減することを目的として開発されたのが PSV である。開発の意図により最初は IMV に併用してもっぱら低いレベル（5 cmH<sub>2</sub>O 以内）の PSV を行っていた。回路抵抗に起因する呼吸仕事量を軽減するには、3 乃至 5 cmH<sub>2</sub>O の低いレベルの PSV により十分対処できる<sup>3)</sup>。しかし、PSV のレベルを高くすると一回換気量は増加し、反対に呼吸数は減少するので、最近ではより高い吸気圧を用いた PSV により人工呼吸を開始し、次いで徐々にそのレベルを下げていくことによりウィニングを行うという方式が導入され、良好な結果が報告されている。

しかし、高いレベルで PSV を行くと、当然のことではあるが、患者の呼吸仕事量はほとんどゼロになる。これを PSV max<sup>4)</sup> と称しているが、この状況は、以前流用されていた従圧式補助呼吸とまったく同じ状態であると思われる<sup>5)</sup>。

患者の吸気努力により生じる回路内の陰圧をトリガーとして、あらかじめ設定していた圧までガスを圧入するというに関しては従圧式補助呼吸と PSV とは一致している。したがって、この 2 つの換気様式をまったく別の物と区分するよりも、著者らは PSV は従圧式補助呼吸のひとつとみなした方が良いと考えている。このように概念

的には従圧式補助呼吸と類似していると思われるが、PSV は患者の demand に応じて吸気流量を自動的に随時調節できるので、機能的には従圧式補助呼吸とは異なっている。すなわち、PSV では、トリガーレベルとサポート圧を設定すれば、患者のペースにより吸気および呼気時間が定まり、その上患者が必要とした吸気流量を随時供給される。この後者の存在が従来の従圧式補助呼吸との大きな違いである。しかし、前述のごとく呼吸仕事量がほとんどゼロとなる高いサポート圧を用いた PSV は、従圧式補助呼吸と略同様の状態と解釈した方が理解しやすいと思われる。

同じ PSV モードであっても機種により得られる PV カーブが異なっていたが、これは機種により PSV を行う機構が異なるためと思われる。しかも、機種により回路内抵抗の多寡や弁の開閉の方式などが一定でないことが関与している可能性がある。

今回の検討では、従圧式補助呼吸モードに定常流を用い、定常流、吸気流速、さらにトリガーレベルなどを患者の呼吸状況にうまくマッチさせた場合には PSV とほぼ類似した PV カーブを得られたので、従圧式の人工呼吸器を用いても PSV 様の換気様式を得ることは可能と思われた。しか



し、同じ従圧式人工呼吸器である Bird 7 を用いた時よりも Newport ventilator E 100 A 使用時の方が PSV に類似した PV カーブをたやすく得たことは、機種により適応性に差が存在することを示唆するものである。この理由は、Newport ventilator E 100 A では定常流が存在するので、人工呼吸器から供給される流量に余裕があるため、患者の demand が増大した際にもある程度それに追従できるためと思われる。

今回の検討により、単独の PSV を得たい時には、従圧式補助呼吸のモードを有する人工呼吸器によってある程度代用することが可能と思われる。しかし、強制換気を行うことはできないので (IMV のモードに併用できない)、従圧式人工呼吸器による PSV 様の換気を行う場合は、あくまで換気応答能が十分に保たれている患者に限るべきである。

### 結 語

従圧式人工呼吸器を用いて PSV を行い得るかどうかについて、PV カーブを記録することにより検討し、以下の結果を得た。

1) 従圧式人工呼吸器の補助呼吸モードにおいても、トリガーレベルならびに流量などの設定条件が良い場合には、得られた PV カーブは PSV によるものと類似していた。

2) 定常流を有する従圧式呼吸器の方が容易に PSV に類似した PV カーブを得た。

3) 以上の結果により、PSV のモードを持たない従圧式人工呼吸器を用いても設定条件を十分に考慮すれば、PSV に類似した換気モードを得られることが示唆された。

### 文 献

- 1) 安本和正：図解レスピレータ使用マニュアル。日総研出版，1988，名古屋
- 2) Downs JB：IMV，SIMV，Assisted Ventilation. 第15回日本集中治療医学会総会。1988，東京
- 3) 山口 修ほか：Pressure support の設定レベルについて。人工呼吸 3：90，1986
- 4) MacIntyre NR：Respiratory function during pressure support ventilation. Chest 89：677，1986
- 5) MacIntyre NR：in private communication