

〔一般演題〕

Pressure support の設定レベルについて

山 口 修* 磨 田 裕* 小 野 健 二* 沼 田 克 雄*

はじめに

最近のベンチレータの中には、pressure supportあるいは、pressure assistなどと称し、患者の吸気努力をトリガーとし、一定の陽圧をかけ自発呼吸を補助する換気モードを有するものがある。しかし、その圧の設定レベルに関する定見はない。筆者らは、モデル肺を使用し、肺のコンプライアンス、気道抵抗を変化させた時のpressure supportの作用の仕方について、Engström社製ERICAで検討し、一部Siemens-Elema社製Servo 900 Cと比較してみた。

方 法

Medshield社製モデル肺を図1のごとく、アクリルボックスに入れ、人工肺一胸郭とした。また、Harvard pumpの吸気孔および排気孔の一方向弁をとり除き、前者を塞ぎ、後者とアクリルボックスとを接続し、自発呼吸モデルとした。なお、アクリルボックスの内部は、モデル肺の動きに支障をきたさない程度に、輸液用テルパックを充填し、死腔減少に努めた。

このモデル肺にベンチレータを接続し、IMV+pressure supportモードで作動させた。圧の設定レベルは、ベンチレータの気道内圧計により0から25cmH₂Oまで5cmH₂Oごとにセットした。

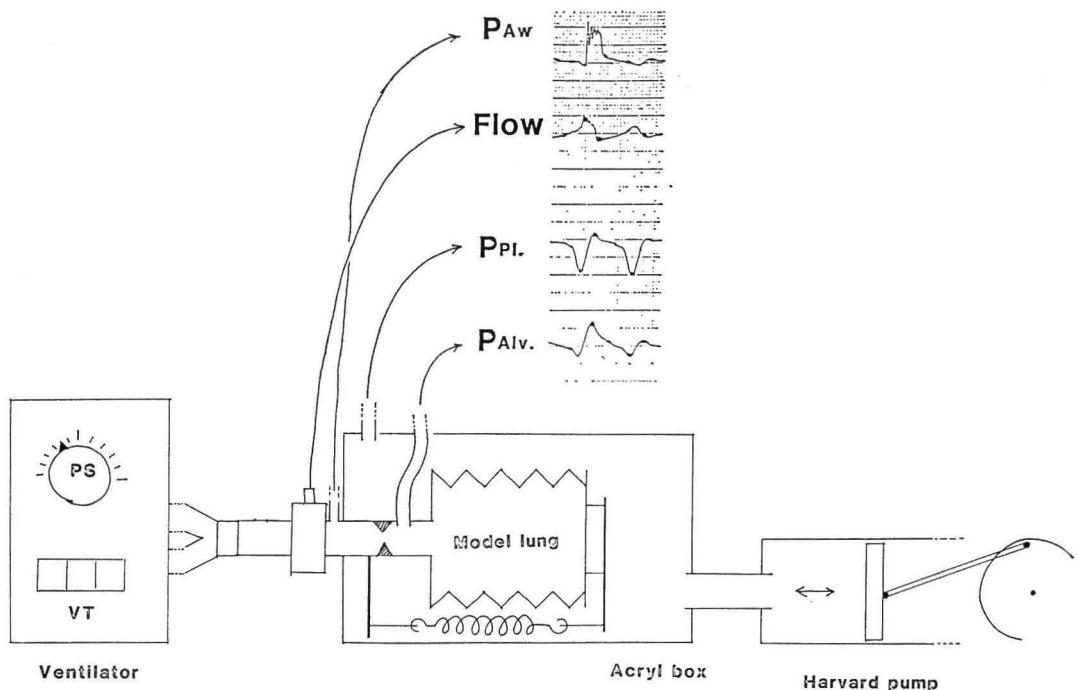
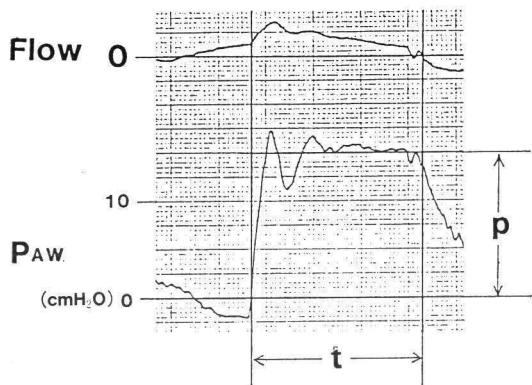
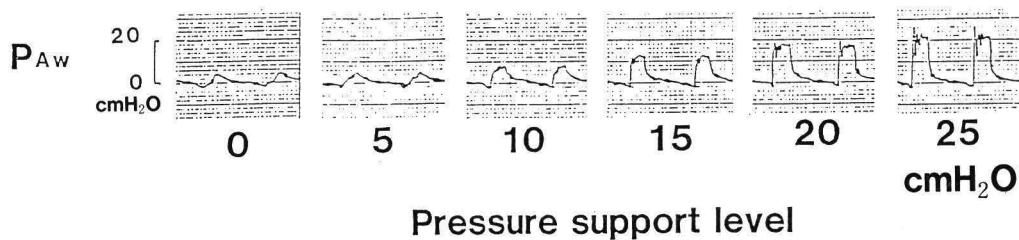


図 1 人工肺一胸郭システムの構成



$$VT = CP(1 - \text{EXP.}^{-\frac{t}{RC}})$$

C: Compliance

R: Resistance

図 2 Pressure support 15 cmH₂O 以上では、気道内圧が矩形波となるため、吸気時間、吸気圧、抵抗、コンプライアンスから一回換気量の計算値を算出した。

また、モデル肺の抵抗は、5, 20, 50 cmH₂O/l/sec., コンプライアンスは 50, 20, 10 ml/cmH₂O の範囲で組み合わせた。

測定は、流速を日本光電社ニューモタコグラフ－抵抗管 TV 132 T および圧トランスデューサ TP 602 T により測定、気道内圧は同社の TP 602 T、肺内圧は同じく TP 603 T により測定した。胸腔内圧は、Siemens-Elema 社製圧トランスデューサモデル 746 により、プリアンプは日本光電社製 AP-600 G および AP-601 G を使用し、ジェット式インクレコーダに記録した。換気量については、5~6回の呼吸の一回換気量を人工呼吸器のデジタル表示から読みとり、これを平均した値を採用した。

次に、モデル肺をアクリルボックスから出し、ERICA と接続し、用手的に肺を陰圧にしてトリガーさせ、15 cmH₂O 以上の pressure support をかけた。この時のベンチレータの換気量表示を実測換気量とし、図 2 の式から得た計算値と比較した。

結果

図 3, 4 に二つのベンチレータにおいて、pressure support レベルを変化させた際の各測定項目の変化を示した。モデル肺の条件を変えることにより以下の結果を得た。

1. 最低胸腔内圧に及ぼす影響(図 5)

ERICA で、コンプライアンス 20 ml/cmH₂O のときには、気道抵抗が少なければ pressure support 10 cmH₂O 以上で最低胸腔内圧の陰圧度が減少しはじめる。一方、コンプライアンスが 10 ml/cmH₂O のときには、抵抗が 20 cmH₂O/l/sec. 以上となると最低胸腔内圧はほとんど変化しない。

2. Pressure support レベルと一回換気量の関係

ERICA で肺の気道抵抗が低い場合(図 6)には、設定圧の増加とともに換気量は直線的に増大するが、コンプライアンスが低下すると換気量が低下する。気道抵抗を高くすると、いずれの圧設定で

ENGSTRÖM ERICA

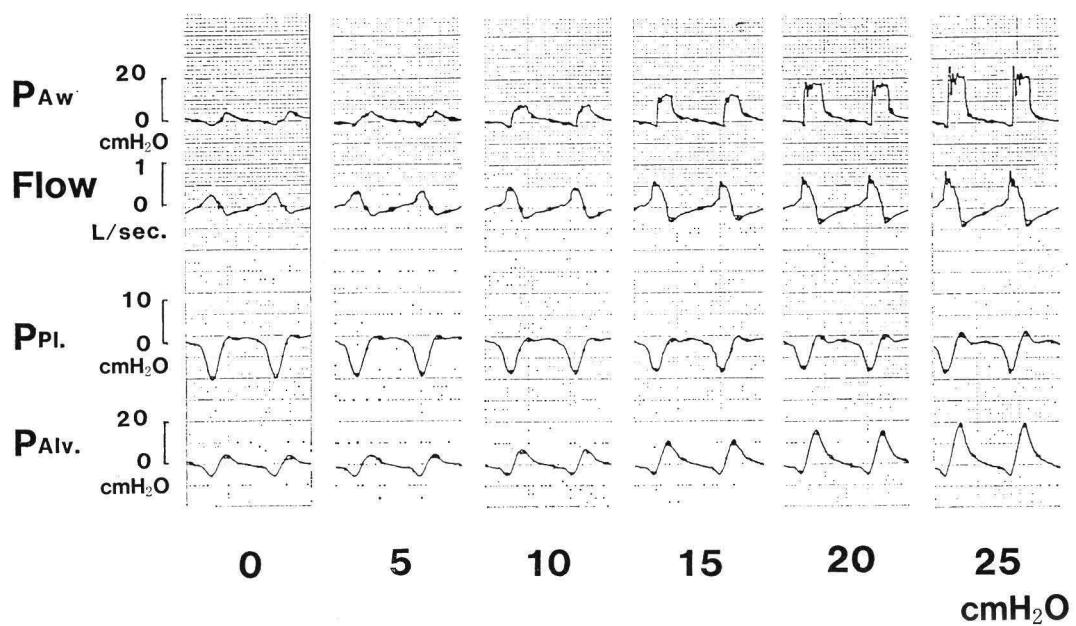


図 3 ERICA における Pressure support レベルの変化と各測定項目の波形

SERVO 900C

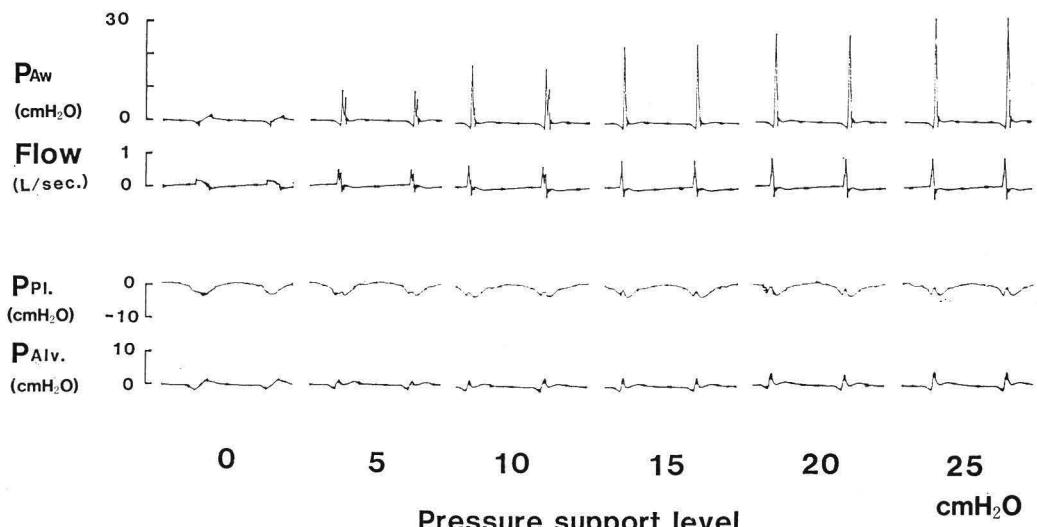


図 4 Servo 900 C における Pressure support レベルの変化と各測定項目の波形

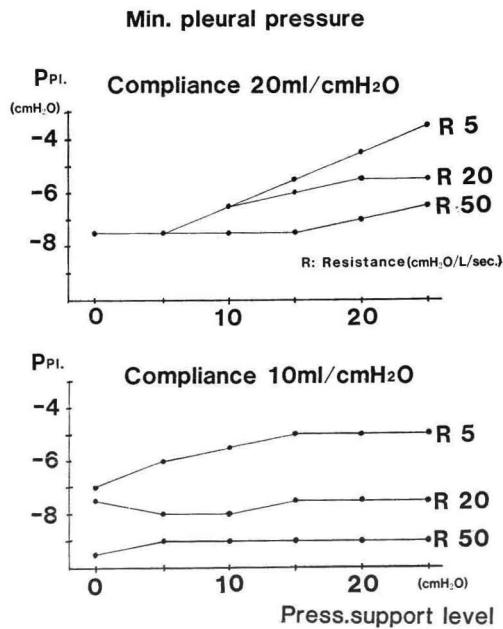


図 5 ERICA における Pressure support レベルと最低胸腔内圧の変化

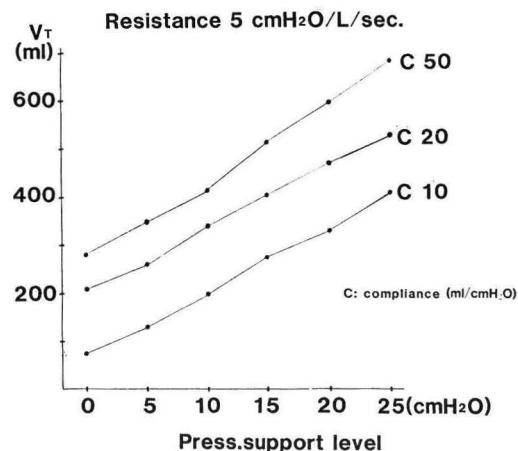


図 6 ERICA における Pressure support レベルと一回換気量の関係。モデル肺の抵抗を固定し、コンプライアンスを変化させた例

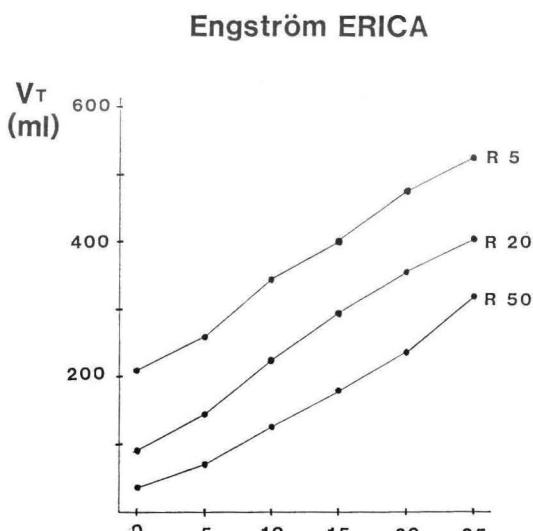


図 7 ERICA における Pressure support レベルと一回換気量の関係。コンプライアンスを固定し、抵抗を変えた場合

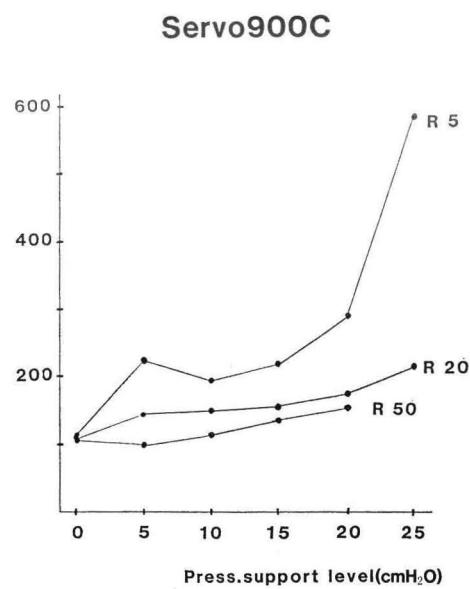


図 8 Servo 900 C における Pressure support レベルと一回換気量の関係。コンプライアンスを固定し、抵抗を変えた場合

も一回換気量は減少する(図7)。

Servo 900C でも、同様の効果は認められるが、換気量に対する効果が少なく、しかも不安定である(図8)。

3. 実測換気量と計算値との関係—ERICA(図9)

気道内圧波形が矩形波となる pressure support 15 cmH₂O 以上について検討した結果、実測値と計算値に高い相関関係が得られた。

4. 病的肺条件における pressure support

ERICA で、抵抗を高くし、コンプライアンスを低くした際には、IMV 前後の pressure support がかからぬ時がある(図10)。Servo 900C においても、IMV 直後の自発呼吸がトリガーされなかったり、一回の吸気時間に pressure support が数回断続的に入ってしまった(図11)。

考 察

人工換気下にある患者の、自発呼吸を可能にするには、現在大別して二つの方法がある。一つ

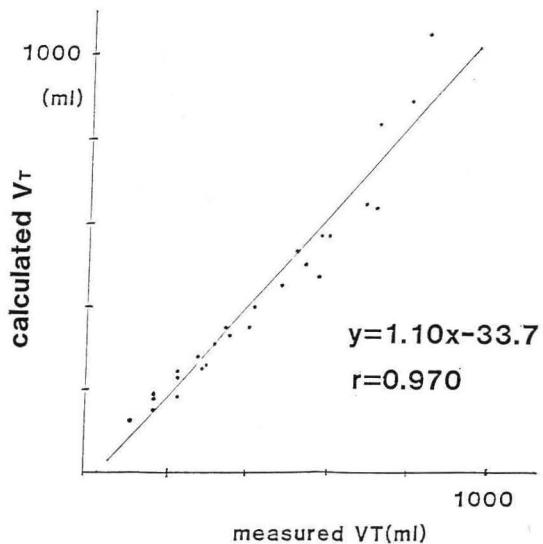


図 9 ERICA において Pressure support 15 cm H₂O 以上をかけた時の実測一回換気量と計算値との関係

Engström ERICA

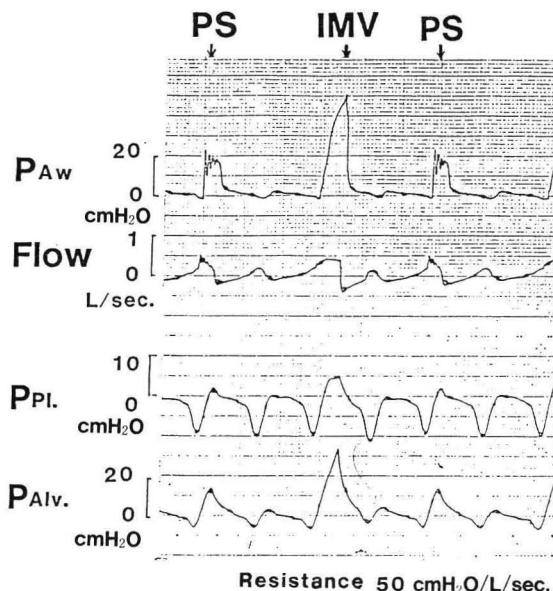


図 10 ERICA で IMV 前後の Pressure support がかからぬ例

Servo 900C

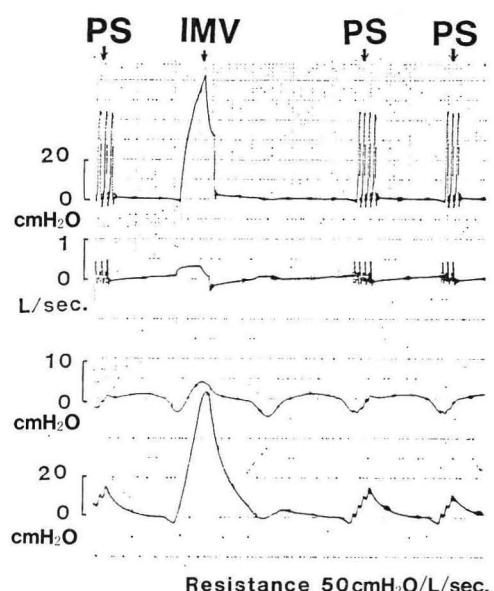


図 11 Servo 900C. 断続的な Pressure support の例

は、患者の最大吸気流速以上の流量を回路内に常に流す方法だが、大量にガスを消費する欠点がある。ほかの方法は、患者の吸気努力による回路内圧の低下によってデマンドバルブが開放されるタイプで、ガスの浪費はない。しかし、回路内抵抗に打ち勝って行う吸気努力に要する酸素消費量の増大や、呼吸筋の疲労、ひいては患者の呼吸困難感の出現などが懸念される。pressure support 機構は、こうしたデマンドバルブタイプにおける自発呼吸時の換気仕事量の軽減を計るのが目的である。

ところが、この pressure support を行う際、具体的な設定圧を決定する指標や基準は定まっていない。今回測定した胸腔内圧の陰圧度は、pressure support が有効に作用するまでに要する吸気努力の指標になると考えられる。コンプライアンスが低かったり、気道抵抗が高い場合には、胸腔内の陰圧が気道に伝わりにくく、pressure support の設定値をあげても大きな変化はない。これは、気道内陰圧、あるいは自発吸気流の出現を、患者の吸気努力と検知し、実際に陽圧をかけるまでの応答時間によって決まる。ただ、抵抗の少ない場合には、pressure support をあげることにより、最大吸気流速がはやまるために陰圧度が低下するものと考えられる。

つぎに、pressure support 時の、一回換気量は、ERICA でとくに設定圧の高さとほぼ直線的に比例して増減するが、その絶対値は、肺のコンプライアンスならびに抵抗値に依存することが判明した。低コンプライアンス、高気道抵抗のいわゆる

病的肺では、同じ換気量を得るのに、より高い設定圧が必要となる。Servo 900 C で、やや換気量の増減が不安定なのは、本来は吸気流速の低下によって吸気相が終了するはずのものが、気道内圧の異常上昇、つまり回路内圧が大幅に設定圧を上まわるために、あたかも pressure サイクルで吸気相を終了してしまうためと思われる。さらに肺の病的状態が重篤な場合には、pressure support 機構が充分機能しない事態が予想される。

この pressure support をどのように活用するかは、患者の状態、さらに呼吸管理を行う医師の考え方によって異なってくると思われる。たとえば、IMV モード中の自発呼吸を、一種のリハビリテーションと考えるならば、患者の Paco_2 が上昇したり、呼吸困難を訴えない限り pressure support の適応はない。一方、できる限り患者の負担を軽くするのが目的であれば、本機構を積極的に利用することになると思われる。

おわりに

自発呼吸を行う、人工肺—胸郭システムにより、Pressure support の設定圧について検討し、以下の結論を得た。

- ERIC では pressure support レベルに比例して、一回換気量が増減した。
- Servo 900 C では、気道抵抗が一定以上に達すると、pressure support が効果的に機能しない例がある。
- コンプライアンスの低下、気道抵抗の増加など、病的肺の状態では効果が制限された。