

□原著□

従来型換気法の改良 —プレッシャーサポートの応用—

阪井裕一* 近藤陽一* 鈴木康之* 宮坂勝之*

ABSTRACT

Application of pressure support in pediatric patients

Hirokazu SAKAI, Youichi KONDO, Yasuyuki SUZUKI and Katsuyuki MIYASAKA

*Department of Anesthesia & ICU, National Children's Hospital : 3-35-31,
Taishido, Setagaya-ku, Tokyo 154*

Weaning from mechanical ventilation using IMV may be facilitated by adding Pressure Support (PS) to compensate for the inspiratory work imposed by the breathing apparatus, particularly in pediatric patients where relatively small-sized endotracheal tubes have to be used. In an attempt to elucidate the PS level that compensates for this additional work, we analyzed the respiratory pattern using respiratory inductive plethysmograph in 5 children with congenital heart disease on CPAP 3 cmH₂O with various PS levels and after extubation. As PS levels decreased from 15 cmH₂O, tidal volumes decreased, and respiratory rates and %RC increased. By comparing the respiratory pattern before and after extubation, we found in these children that the PS of less than 5 cmH₂O seemed to compensate for the additional inspiratory work imposed by the breathing apparatus including endotracheal tubes.

はじめに

小児の呼吸管理に関しては、近年、surfactant (界面活性剤) 補充療法や nitric oxide (一酸化窒素) 吸入療法、高頻度振動換気法、膜型人工肺といった新しい方法が開発されてきた。しかしながら、従来行われてきた連続流、タイムサイクル、従圧式換気法の長所を生かしながら、その短所を補うために pressure support ventilation (PSV) などの新しい換気モードを取り入れてゆくことも重要な課題であろう。例えば、調節呼吸、IMV (intermittent mandatory : 間歇的強

制換気)、CPAP (continuous positive airway pressure : 持続陽圧呼吸)、抜管という従来の呼吸管理の方式に、「人工気道の抵抗に対する呼吸仕事を代償する」レベルの pressure support (PS) を付加すれば、患児に余分な仕事をさせずに、患児自身の呼吸能力をより正確に評価しながら、スムーズなウィーニングを行うことができるのではないかと考えられる。

われわれは、抜管前後の患児の呼吸パターンを調べることにより、「人工気道の抵抗に対する呼吸仕事を代償する」PS レベルの同定を試みた。

1. 対象および方法

左右短絡を伴う先天性心疾患の乳幼児 5 名を対

* 国立小児病院麻酔・集中治療科 (〒154 東京都世田谷区太子堂 3-35-31)

象とした(表)。根治または姑息的手術後、呼吸循環動態が安定した抜管直前の時点で、CPAP 3 cmH₂O を基準として、PS 0, 3, 5, 7, 10, 15 cmH₂O 付加の 6 段階を設定し、Respiratory Inductive Plethysmograph (Spectramed 社 Re-spisomnograph) を用いて各 PS 下それぞれ 20 分間と抜管後の患者の呼吸パターンを調べた。呼吸パターンの指標としては、一回換気量、呼吸数以外に、胸式呼吸の程度を示す %RC と、胸腹部の同期の程度を示す TCD/VT を用いた(図 1)。人工呼吸器は、Newport E-200 Wave (バイア

ス流量 5 l/分、トリガ感度 -0.5 cmH₂O)、または VIP Bird (トリガ感度 -1 cmH₂O) を用いた。

2. 結果

① CPAP 3 cmH₂O 下に PS を 15 cmH₂O から下げてゆくと、一回換気量は減少、呼吸数および %RC は増加傾向となった(図 2)。

② TCD/VT は、抜管に失敗した場合(症例 5 の一回目のウィーニング)のみ、PS 3 cmH₂O 以下で上昇した。この症例の二回目のウィーニン

表 対象とした患児の詳細

症例	年齢	性	体重 (kg)	気管内チューブサイズ (mm)	診断
1	1 歳 10 ヶ月	女	8.7	4.5	心内膜床欠損症
2	3 ヶ月	女	2.9	3.0	動脈管遺残症 心房中隔欠損症
3	3 歳 4 ヶ月	男	11.0	4.0	心室中隔欠損症
4	2 ヶ月	女	3.4	3.5	心室中隔欠損症
5	10 ヶ月	女	5.3	3.5	心室中隔欠損症

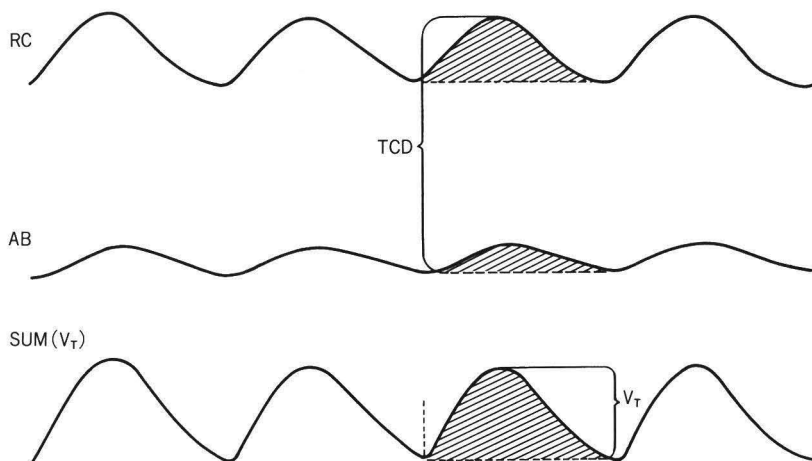


図 1 respiraotry inductive plethysmograph の記録の模式図

RC：胸部，AB：腹部，SUM：RC と AB の和。

TCD/VT とは、RC と AB のそれぞれの一回呼吸の動きの和 TCD (total compartmental displacement) を、SUM の動き VT (一回換気量に相当) で割ったもの。この図のように RC と AB の位相が一致しているときには TCD/VT は 1 となるが、位相がずれるほど 1 より大きくなる。

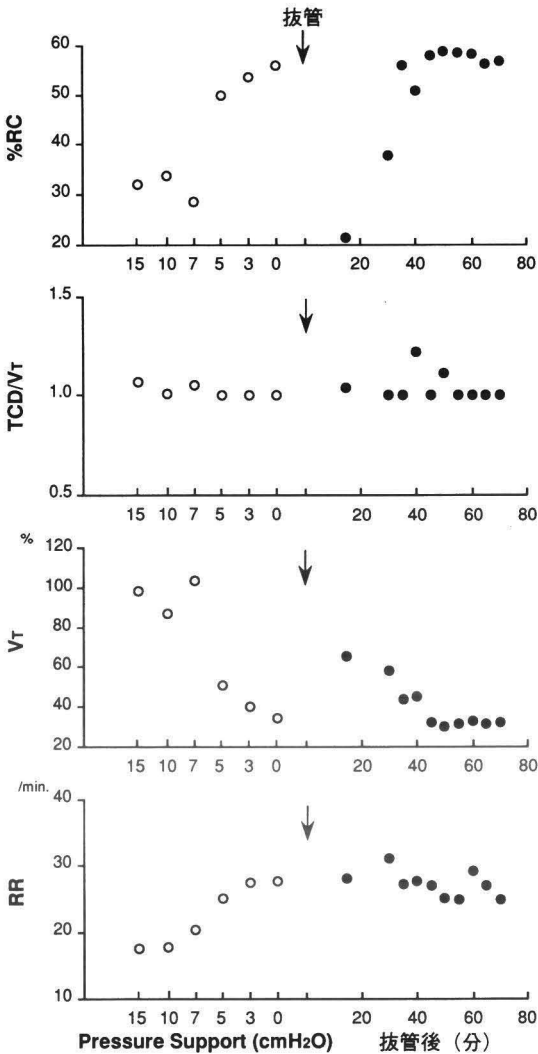


図2 症例1の呼吸パターンの変化

CPAPに各レベルのPSを付加したときと、抜管後の%RC, TCD/VT, 一回換気量, 呼吸数の変化を示す。

グ時を含めて抜管に成功した他の症例では、TCD/VTはPSレベルにかかわらず不変であった(図3)。

③ 抜管後30分以上経過して、呼吸状態が落ち着いた時点での呼吸パターンの指標を抜管前と比較すると、PS 5 cmH₂O以下のときの値と同程度であった(図2)。

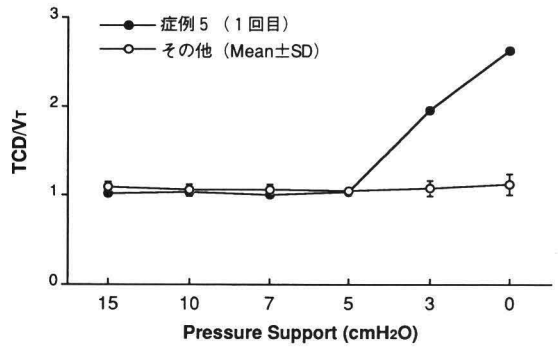


図3 TCD/VTの変化

PSレベルの低下に伴うTCD/VTの変化を、症例5の一回目のウィーニング時と、この症例の二回目のウィーニング時を含む他の症例とに分けて示す。症例5の一回目のウィーニング時のTCD/VTは、PS 5 cmH₂Oまでは変化しなかったが、PS 3 cmH₂Oに下げると上昇(胸腹部が同期しない呼吸)し、0 cmH₂Oにするとさらに上昇した。抜管後は呼吸困難、高炭酸ガス血症が持続し、18時間後に再挿管を余儀なくされた。

3. 考察

近年、患者の自発呼吸を活かしながら呼吸仕事量を軽減するさまざまな人工呼吸管理法が提唱されている。PSVもその中の一つであり、小児領域においてもその可能性が報告されている¹⁾。もっとも、今後PSVが調節換気や間欠的強制換気(IMV)といった従来の換気法に取って代わるものとなるかどうかは、いまだ定かではない。特に小児患者を明らかな対象としたPSVの施行法(ハード、ソフトを含め)さえも、十分確立されていないのが現状である。

しかしわれわれは、現時点ではPSの小児領域での応用として、IMVと組み合わせこれを補強する手段として使用できるのではないかと考えている。すなわち、比較的細めの気管内チューブを用いざるをえない小児では、従来のIMVの自発呼吸時には気管内チューブの抵抗により余分な呼吸仕事を付加している可能性がある。これを補うレベルのPSを適用することにより、患児に余分な負荷をかけずに、呼吸状態を正確に評価しながらウィーニングを行うことができるはずであ

る。しかしながらPSの設定圧が高すぎると、一方で強制換気回数を減らしながら、他方で過剰な換気補助を行うという矛盾したウィーニングになりかねないので、至適なPSレベルを設定することが肝要となる。

この意味での至適なPSレベルに関しては、いまだ多くの知見は得られていない。Brochardら²⁾は、11名の成人患者の抜管前後の呼吸仕事量を比較し、「人工気道の抵抗に対する呼吸仕事を補う」PSレベルは、肺疾患の無い患者では 5.7 ± 1.5 cmH₂O、慢性肺疾患の患者では 12.0 ± 1.9 cmH₂Oであったと述べている。山田³⁾は、肺胸郭系に問題のない5名の成人で呼吸筋発生圧から吸気仕事量を計算し、健康成人の標準的な吸気仕事量 0.4 kg・m/minにみあう値となるのは、 5 cmH₂O程度のPSをかけた場合であることを見だしている。一方Bannerら⁴⁾は、気管内チューブ先端圧をモニターして人工気道に対して患者が行う呼吸仕事量を求め、CPAP $5 \sim 15$ cmH₂Oで管理下の急性呼吸不全の11人の成人と4人の小児(10歳～14歳)において、この仕事量を0にするPSレベルは、 $5 \sim 22$ cmH₂O(平均 13.5 cmH₂O)であったと報告している。Bannerらも述べているように、患者の吸気流速によって人工気道の抵抗に打ち勝つための仕事量は異なってくる。特に呼吸不全の急性期には患者の吸気流速が大きく、したがって「人工気道の抵抗に打ち勝つ」ためだけにでも、高いPSを必要とするであろう。実際Bannerらの一例では、最初の日には必要とされるPSは 14 cmH₂Oであったが、翌日には 8 cmH₂Oに下がったと述べられている。

われわれの対象は、CPAP 3 cmH₂O下で呼吸循環動態が安定した抜管前の乳幼児であり、Bannerらの症例に比べて吸気流速が小さく、それだけ「人工気道の抵抗に対する呼吸仕事量」が小さかった可能性がある。その点ではBrochardらの肺疾患がない症例および山田の症例に近いであろう。しかしながらわれわれの臨床経験では、Brochardらや山田の述べている 5 cmH₂O程度のPSでさえも、抜管直前の患児にとってはactiveな換気のサポートとなりうるという印象

を持っている。実際、今回の症例5では、PS 3 cmH₂O以下にしてはじめてTCD/VTが増加し、胸腹部の動きの同期性が失われたが、これはPS 3 cmH₂Oになってはじめて患児自身の呼吸メカニクスに基づく自発呼吸パターンを露呈したものであろう。

今回、われわれは呼吸仕事量の測定ではなく、胸、腹部の呼吸運動のパターンを解析することによって、PSの効果を調べた。この方法は、ベッドサイドで無侵襲で施行できるうえに、呼吸に関与する二つのコンパートメントから情報を検出する点で、呼吸運動全体の結果としての気道内圧と換気量から計算する呼吸仕事量よりも、患児の呼吸系にかかる負荷を鋭敏にとらえられる可能性がある。Tobinら⁵⁾は、上気道の抵抗の変化が、呼吸筋疲労などの他の要因よりも呼吸パターンに対してはるかに大きく影響する旨を述べており、今回みられた呼吸パターンの変化は、人工気道による吸気抵抗の負荷とそれに対するPSの効果を反映していると思われる。

今回の検討は、小児でのPSVを初めから対象として開発されたNewport E-200 WaveとVIP Birdを用いた。この二機種間にも使用上微妙な相違があるが、成人用に開発されたPSVを組み入れた機種を用いた場合には、解析はさらに複雑化すると考えられる。今後はこうした点を考慮した解析を試みたい。

結 語

従来のIMV、CPAPに、 5 cmH₂O以下程度のPSを加えることにより、人工気道の抵抗に対して行う呼吸仕事を補いながら、呼吸管理を行うことができる可能性がある。

(1993.12.3受)

参考文献

- 1) Tokioka H, Kinjo M and Hirakawa M : The effectiveness of pressure support ventilation for mechanical ventilatory support in children. *Anesthesiology* 78(5) : 880-884, 1993
- 2) Brochard LB, Rua F, Lorino H, et al : Inspiratory pressure support compensates for the

- additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology* 75 : 739-745, 1991
- 3) 山田芳嗣：PSV の理論. 呼吸と循環 40 : 845-851, 1992
- 4) Banner JM, Kirby RR, Blanch PB, et al : Decreasing imposed work of the breathing apparatus to zero using pressure-support ventilation. *Crit Care Med* 21 : 1333-1338, 1993.
- 5) Tobin MJ, Perez W, Guenther SM, et al : Does rib cage-abdominal paradox signify respiratory muscle fatigue? *J Appl Physiol* 63 : 851-860, 1987
-