

〔一般演題〕

Continuous flow type の IMV における呼吸仕事量

時 岡 宏 明* 佐 伯 晋 成* 小 坂 二度見*

Continuous flow type の IMV は広く行われているが、その回路が自発呼吸時の呼吸仕事量に及ぼす影響についてはほとんど考慮されていない。今回、continuous flow type の CPAP 装置をモデル肺に装着し、自発呼吸時の回路内圧の変動から吸気仕事量を評価した。

方 法

Continuous flow type の人工呼吸器にモデル肺 T3 (五十嵐) を装着し CPAP とした (図 1)。人工呼吸器は MA-1 (Puritan-Bennett) の回路を用い、吸気側の加湿器とモデル肺の間にリザーバーバッグを一方向弁を介して付けた。加湿器は cascade 型 (Puritan-Bennett) を用いた。

モデル肺入口部 (内径 12 mm) に、流量計 RM-100 (ミナト医科学) と圧測定用チューブ、圧トランスデューサー MP-45 (Validine) を取り付けた。

モデル肺による自発呼吸は、安静呼吸 (一回換気量 400 ml, 呼吸数 20/min) と頻呼吸 (一回換気量 400 ml, 呼吸数 30/min) の 2 通りとした。

測定は、CPAP 5 cmH₂O において、回路内のリザーバーバッグの大きさ、定常流量、加湿槽の水の量を変化させて吸気時回路内圧を比較検討し

た。

リザーバーバッグは、① IMV 用 3 L バッグ (インスピロン) ② 麻酔用 3 L バッグ ③ 麻酔用 5 L バッグの 3 種類。

定常流量は、分時吸気量の ① 1.5 倍 ② 2 倍 ③ 3 倍。

加湿器は加湿槽の水を ① 全量 ② 半量 ③ なし、とした。

結 果

安静呼吸における 3 種類のバッグで 3 通りの定常流量のときの最高回路内陰圧である (図 2)。なお加湿槽の水はない。最高回路内陰圧は、いずれの定常流量においても IMV 用 3 L バッグがもっとも大きく、麻酔用 5 L バッグがもっとも少なかった。また定常流量に関しては、流量が少ないほど陰圧が大きかった。

頻呼吸時においても安静呼吸時と同時、バッグは大きいほど、定常流量も多いほど回路内陰圧の低下が少なかった (図 3)。

安静呼吸、頻呼吸いずれの条件においても最高回路内陰圧を 5 cmH₂O 以内に抑えるには、麻酔用 5 L バッグで定常流量を分時換気量の 2 倍以上、あるいは麻酔用 3 L バッグで定常流量が分時

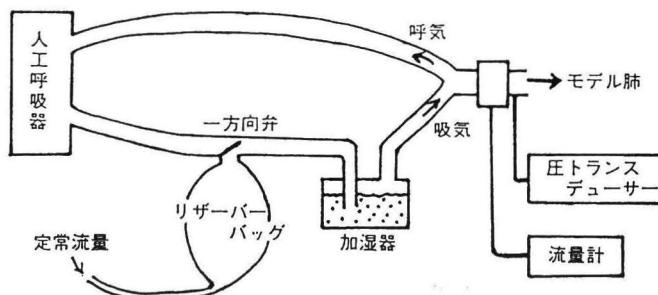


図 1 測定装置

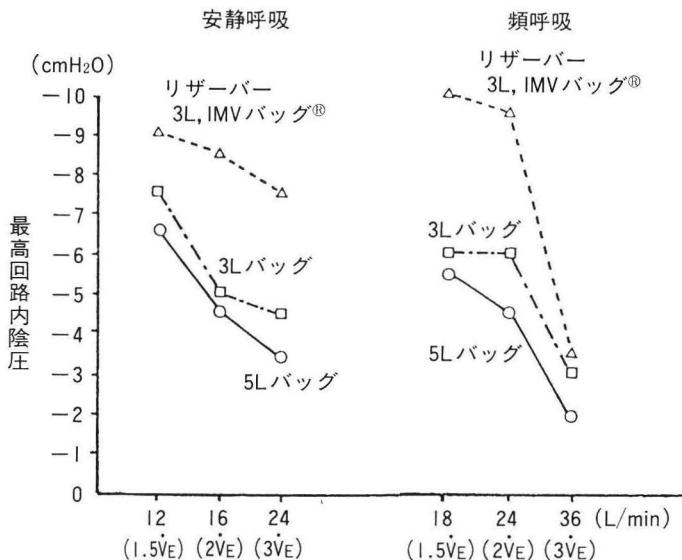


図 2 Continuous Flow Type の IMV 方式における吸気時の最高回路内陰圧の比較

呼吸は、安静呼吸（一回換気量 400 ml, 呼吸数 20/min, $\dot{V}E$ 8 L/min）と頻呼吸（一回換気量 400 ml, 呼吸数 30/min, $\dot{V}E$ 12 L/min）をモデル肺で設定。加湿槽の水はない。 $\dot{V}E$ ：分時換気量

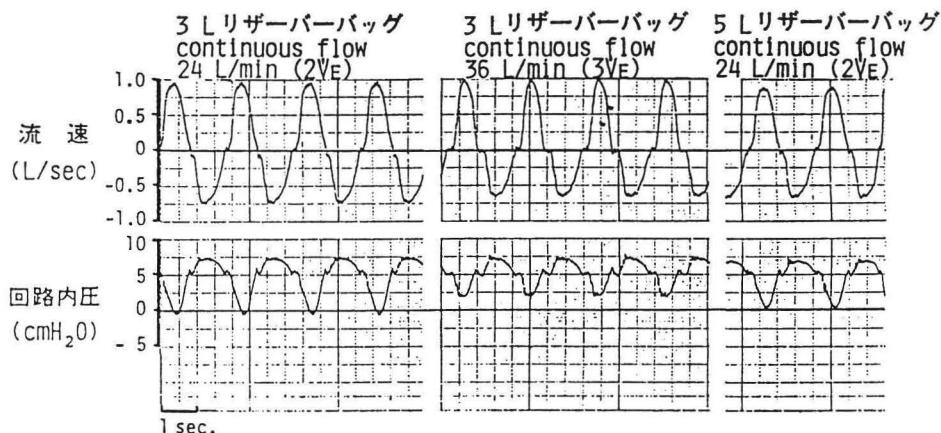


図 3 Continuous Flow Type の IMV 方式における回路内圧—リザーバーバッグの大きさ、定常流量の影響—

〔設定は CPAP 5 cmH₂O, 自発呼吸はモデル肺により, 一回換気量 400 ml, 呼吸数 30/min, 分時換気量 ($\dot{V}E$) 12 L/min〕

換気量の 3 倍必要であった。

次は cascade 型の加湿器の影響である（図 4）。麻酔用 3 L バッグ使用時であるが、定常流量が分時換気量の 1.5 倍のときは、加湿槽の水により

3.5 cmH₂O もの陰圧がさらにかかっている。分時換気量が定常流量の 2 倍あるいは 3 倍では 0.5 cmH₂O の陰圧が付加された。5 L バッグにおいても同様の結果で 0.5~1.0 cmH₂O の陰圧が付加さ

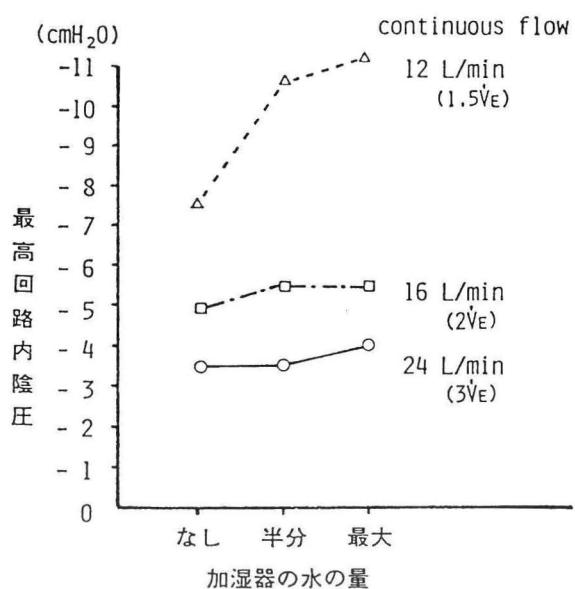


図 4 Continuous Flow Type の IMV 方式における吸気時の最高回路内陰圧
—Cascade type の加湿器の影響—

リザーバーバッグは 3L を使用、呼吸は一回換気量 400 ml, 呼吸数 20/min, 分時換気量 ($\dot{V}E$) 8 L/min の安静呼吸

れた。

考 察

今回の実験から continuous flow type の IMV において、リザーバーバッグ、定常流量および加湿器が、呼吸仕事量に大きく影響することがわかった。

IMV 機構が呼吸仕事量に及ぼす影響については、demand valve type の欠点が報告されている^{1)~4)}。すなわち、trigger に要する遅れ時間と demand flow の不足により吸気圧が陰圧となる。一方 continuous flow type は回路内圧の変動が少なく呼吸仕事量の面から有利と考えられている。しかし、吸気仕事量を軽減するためには、バッグは大きく、吸気量に見合うだけの十分な定常流量が必要なことが確認された。健康人の安静時において最大吸気流速は分時換気量の約 4 倍で、呼吸不全の患者ではしばしば 60~70 L/min を越える⁴⁾。このため定常流量は多いほうがよいが、あまりに増加させると呼気抵抗がかかり fighting の原因となることがある。

測定方法の問題点としては以下の 2 点がある。

(1) 人工呼吸器により付加される吸気仕事量は

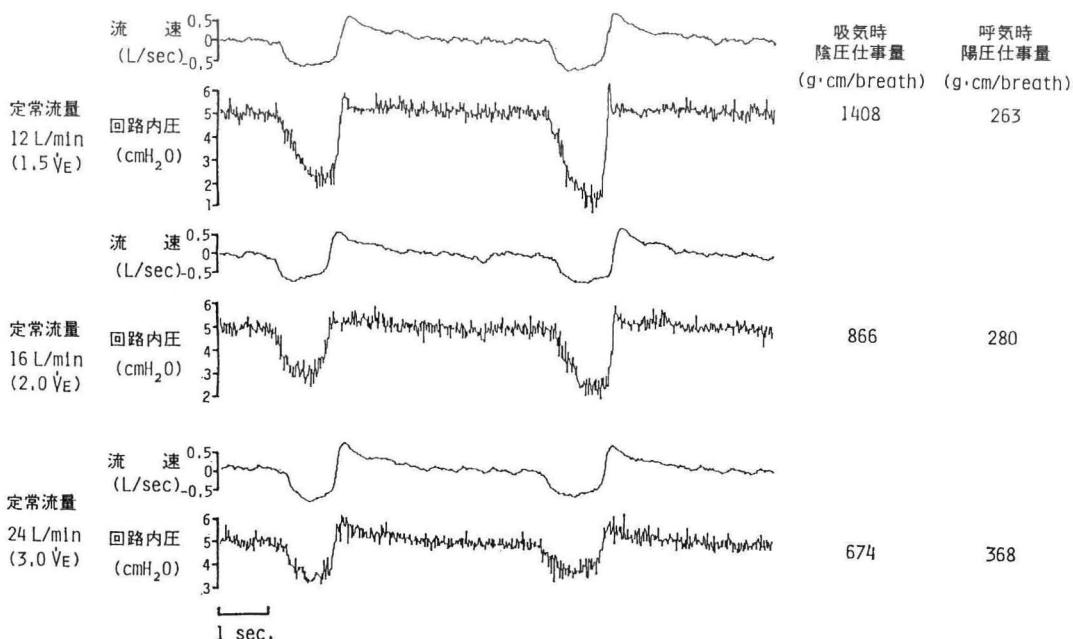


図 5 症例 63 歳、女、僧帽弁置換術後 CPAP 5 cmH₂O

pressure-volume curve から面積計算するのが一般的であるが、最高吸気時陰圧をもってその代用とした。これは一回換気量が同じことより、圧変化のみから仕事量が評価できると考えた。さらに、吸気時の呼吸困難感は必ずしも pressure-volume curve の面積計算には比例せず⁵⁾、吸気開始時の陰圧の大きいものほど呼吸困難が強い。また同じ吸気仕事量でも陰圧が大きければ PEEP レベルが低下しガス交換能が低下する。

(2) モデル肺を用いて実験を行ったが、その自発呼吸のパターンは実際の呼吸パターンとは異なる。呼吸不全時には非常に流速が速く、また気管内チューブが細くなれば今回の結果よりさらに影響が大きいと思われる。

臨症例を示す(図 5)。63歳、女。僧房弁置換術後で CPAP 中、内径 7.0 mm のチューブで経鼻挿管中である。呼吸数 11/min、分時換気量 7.8 L/min、吸気流速 0.6~0.7 L/sec である。麻酔用 3 L バッグ下で定常流量を分時換気量の 1.5, 2, 3 倍にしたときの最高気道内陰圧はそれぞれ 3, 2, 1.5 cmH₂O であった。また吸気時付加された仕事量はそれぞれ 1408, 866, 674 g·cm/breath でありモデル肺の結果が確認された。

結論として、continuous flow type の IMV 機構において、回路により付加される吸気仕事量を軽減するには、リザーバーバッグは大きく、定常流量も多くしなければならない。また、cascade 型の加湿器も吸気仕事量を増加させる一因となっている。

文 献

- 1) Hillman K, Friedlos J & Davey A : A comparison of intermittent mandatory ventilation systems. *Crit Care Med* 14 : 499-502, 1986
- 2) Gibney RTN, Wilson RS & Pontoppidan H : Comparison of work of breathing on high gas flow and demand valve continuous positive airway pressure systems. *Chest* 82 : 692-695, 1982
- 3) Douglas ME : Intermittent mandatory ventilation : why the controversy ? *Crit Care Med* 9 : 622-923, 1981
- 4) Kacmarek RM & Wilson RS : IMV systems : Do they make a difference ? *Cest* 87 : 557, 1985
- 5) 岡崎 薫、沼田克雄：各種人工呼吸器の CPAP mode と呼吸困難感. *人工呼吸* 1 : 68-73, 1984