

〔一般演題〕

呼吸制動による至適人工呼吸モードの検索

坪井 博* 岩田 健* 明石 学*
 廣田 高明* 野口 宏* 佐美好 昭*

1967 年, Ashbaugh ら¹⁾²⁾によって ARDS に対する CPAP 療法が最初に報告されて以来, 重症な呼吸不全患者の呼吸管理には, CPAP をはじめ, IMV, CPPV などのさまざまな呼吸管理の手法が用いられているが, これらの方法によっても気道内圧の上昇, 肺酸化能の増悪, 肺コンプライアンスの低下, 進行性の肺機能障害に到る場合が少なくない。われわれは, 昭和 62 年第 14 回日本集中治療学会において, 新しい呼吸容量制動型人工呼吸器 (図 1) を考案し, 肺水腫犬において, 呼吸容量制動 (以下 IMP) と, ZEEP, 5 cmH₂O PEEP (以下 PEEP) と比較検討することによって, この呼吸制動法が PEEP 効果があることを報告

した。

今回は, さらにより良い人工呼吸法を検索するために, この呼吸制動に加えて, 吸気をも制動する inversed ratio ventilation (以下 IRV) を行って, その効果を肺水腫犬を用い, 呼吸, 循環, リンパの影響について normal ratio (1:2) の場合の結果と比較検討したので報告する。

実験方法

雑種成犬を用いて, ケタミン 20 mg/kg 静注後, 図 2 のように両側大腿動静脈より左房圧, 肺動脈圧³⁾, 動脈圧, 点滴用カテーテルをおのおの挿入し, パンクロニウムブロマイド投与後, 気管内挿

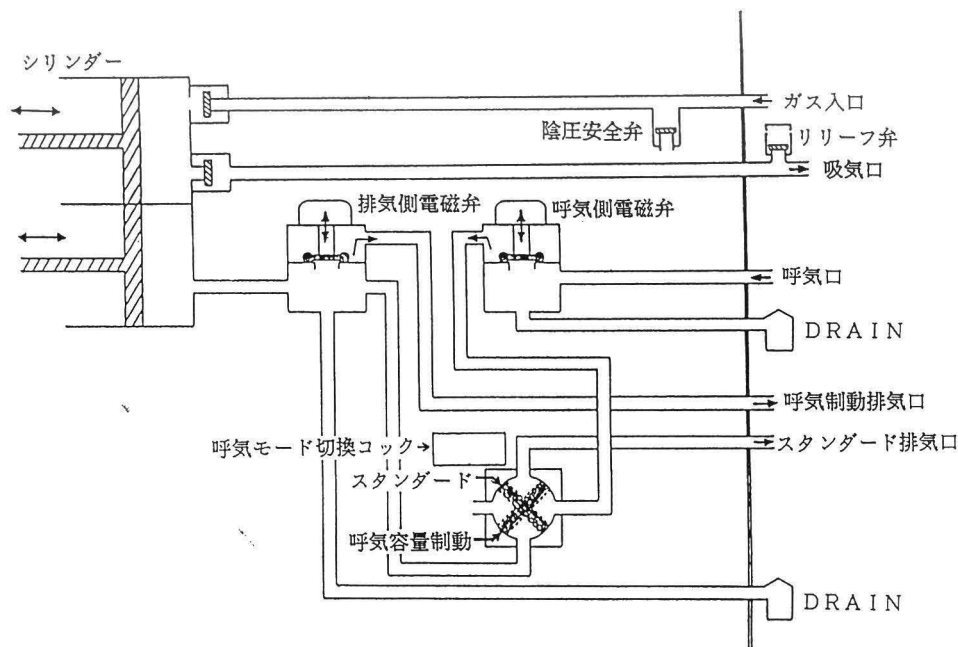


図 1 AR-500T 回路図

管を行った。FI_{O2} は 0.5, IE 比は 2:1 すなわち吸気時間 2 秒, 呼気時間 1 秒とし, 1 回換気量は, PaCO₂ が 35 mmHg 前後になるように set し, 調節呼吸とした。次にリンパ流量, リンパ圧を測るべく右胸管リンパ膨大部へカテーテルを挿入した⁴⁾。経過中の輸液はヘスパンダー® を用い, 15

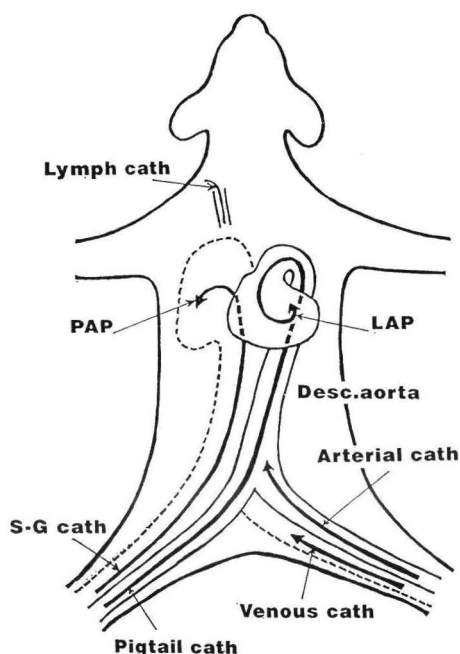


図 2 Experimental model

ml/kg/h にて投与し, 体動時には, パンクロニウムブロマイド, ペントバルビタールを随時追加投与した。以上の setting 後, 3 種類の人工呼吸法により安定した状態の 30 分間を control 値とし, 次に 0.1 ml/kg のオレイン酸を静注後 5 時間にわたる ZEEP, PEEP, IMP の各群における呼吸, 循環, リンパの各パラメータを測定した。さらに測定終了後犬を屠殺し, 左肺を摘出し, Pearce らの方法の変法⁵⁾⁶⁾により, 肺血管外水分量を測定した。そして各時間での各群間を unpaired t-test により検定し, 危険率 5% 以下を有意とした。

結果

前回の normal ratio (1:2) の結果を左側に, 2:1 比の IRV にした時の結果を右側に示し (図 3~図 8), 各群間のパラメータを比較検討した。循環系では, 2:1 比の IRV では, IMP 群の方が PEEP 群に比べ平均動脈圧 (図 3) は 2, 3 時間で有意に高く, 中心静脈圧は control, 1, 3 時間で有意に低かった。平均肺動脈圧, 肺動脈楔入圧 (図 4) については, 2 群間に差はなかった。また心係数, 左房圧 (図 5) についても 2 群間に差はなかった。

呼吸器系では, IE 比 1:2 の normal ratio では, PaO₂ (図 6) は PEEP 群の方が IMP 群より高

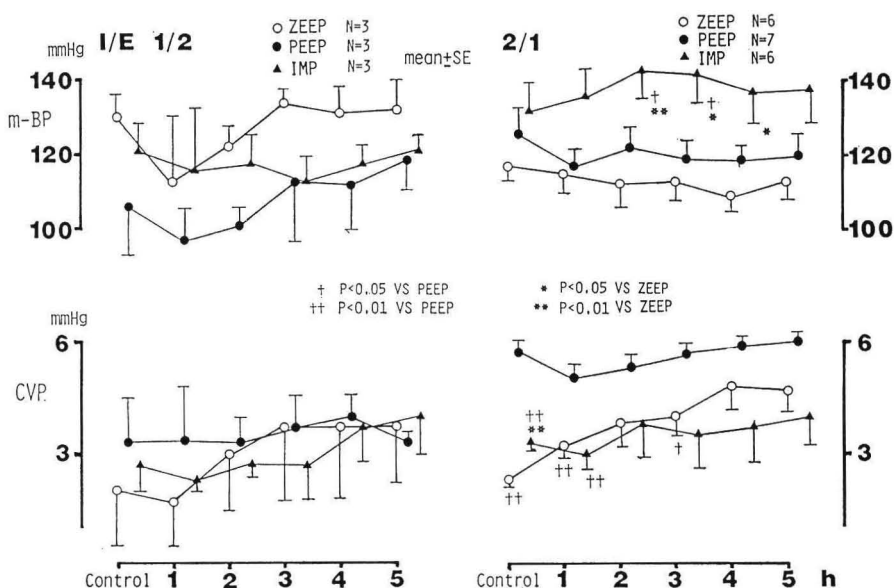


図 3 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

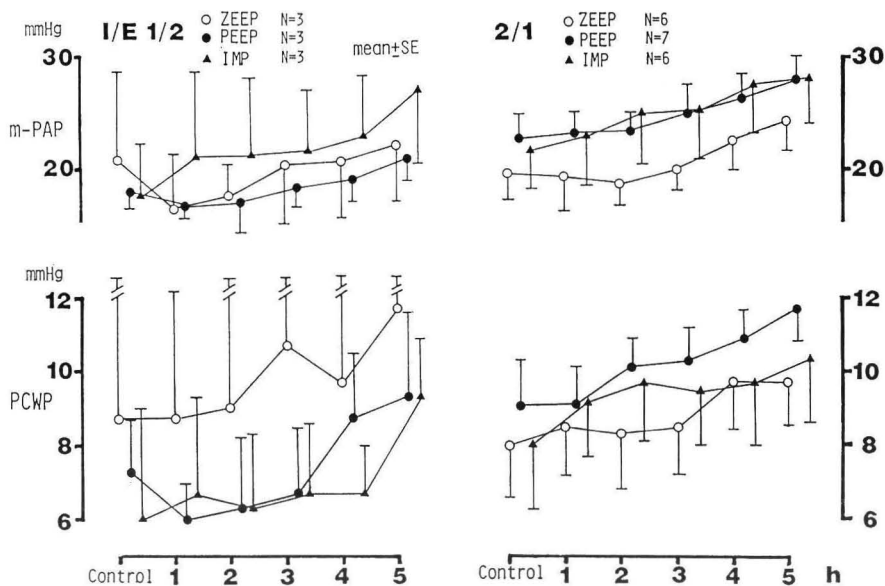


図4 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

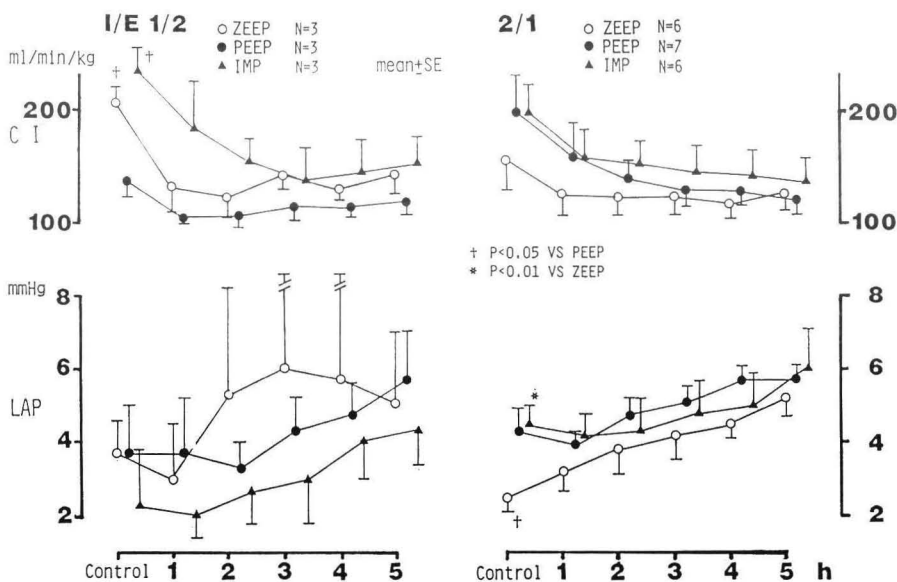


図5 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

く保たれていたが、2:1比のIRVにすると、逆にIMP群の方がPEEP群より高く保たれ、 Q_s/Q_t はIE比を2:1にすると、PEEP群よりIMP群の方が低かった。Peak airway pressure (図7)では2:1比のIRVでは、IMP群の方がPEEP群よりcontrolで有意に低く、その後も低かった。Static compliance については2:1比のIRVで

3群間に差はなかった。

リンパ (図8) に関しては、IE比1:2のPEEP群では、リンパ管抵抗は低く保たれ、リンパ流量は増加傾向を示した。反面、2:1比のIRVでは、IMP群が同様にリンパ管抵抗の低下傾向とリンパ流量の増加傾向を示した。肺血管外水分量 (EVLW) (図9) では、IE比1:2の normal ra-

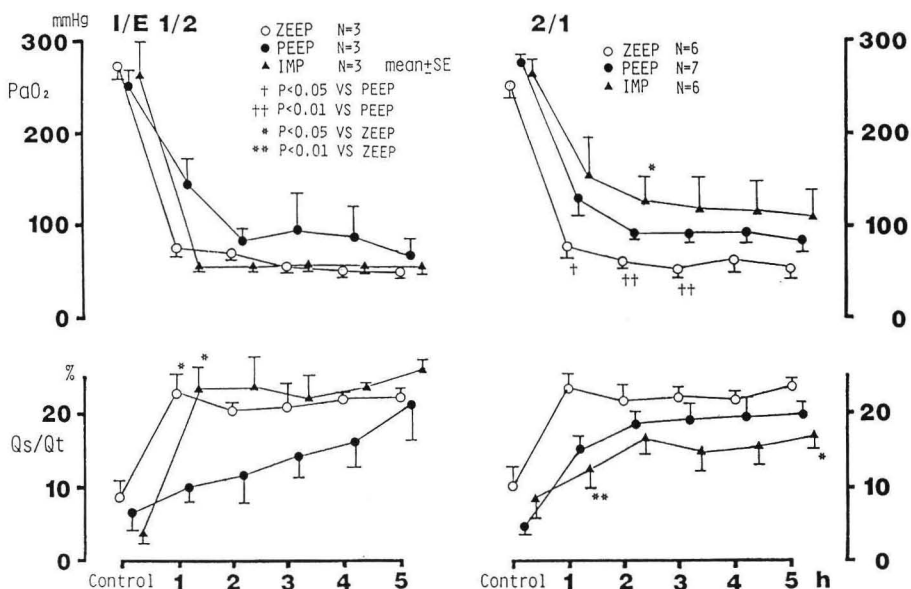


図 6 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

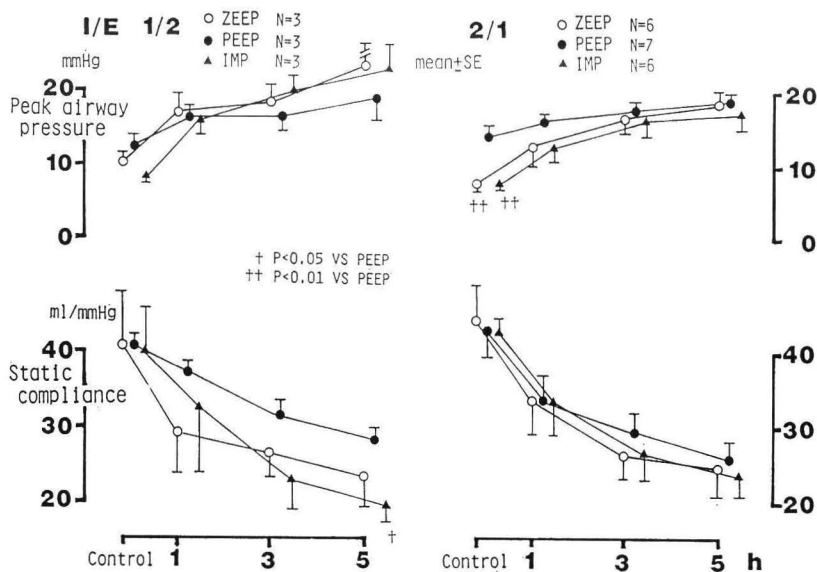


図 7 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

tio では PEEP 群が, 2 : 1 比の IRV では IMP 群が他の 2 群と比較すると, 若干低い値を示した。

考 察

今回使用した呼吸容量制動型人工呼吸器は, いわゆる呼吸に抵抗を付与するタイプの retard expiration と類似しており, 図 1 のごとく上段の

シリンダーが右方へ移動することによって吸気ガスは, 吸気口を通して患側へ入り, 次に, 下段のシリンダーは左方へ移動し, 呼気口を通過する呼気ガスを制動するというタイプの呼吸器である。IE 比を 1 : 2 から 2 : 1 比の IRV にすることによって循環系では, IMP 群の方が PEEP 群より Peak airway pressure が低下し, 平均動脈圧は高

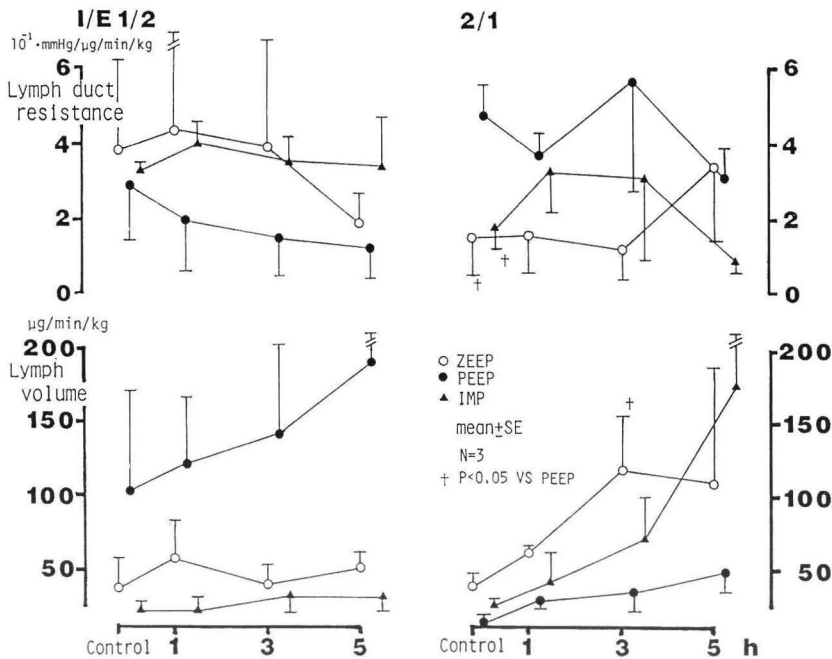


図 8 オレイン酸肺水種犬における各種換気モードの影響

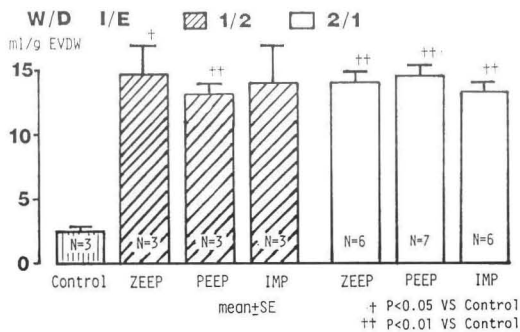


図 9 各種換気モードにおける EVLW の変化

く、かつ中心静脈圧は低く、若干心抑制が少
ない。呼吸器系では、IMP 群の方が PEEP 群より
PaO₂ は高く、Qs/Qt, Peak airway pressure は
ともに低く、このことから IMP 群の方が肺酸素
化能はより良く保たれていることが解る。Cole
ら⁷⁾や Finlay ら⁸⁾は IE 比を適度に inverse すれ
ば心抑制が少なく、シャント率の低下, oxygene
delivery が増加し、その結果肺でのガス交換が良
くなること、また Gurevitch ら⁹⁾は Peak airway
pressure の減少も得られるため、重篤な ARDS の
治療に有益な点があることを述べている。IE 比を
1:2 から 2:1 へ逆転した場合、5 cmH₂O PEEP

という低いレベルの PEEP においても心抑制が
見られ、IRV の限界が示唆される。Cole ら⁷⁾は、
IRV-min すなわち 1.1:1 や 1.7:1 の IRV では、
CO に有意な影響を与えることなく、シャント率
の低下, Oxygen delivery の増加を見たが、4:1
の IRV では、シャント率の低下をみたが、CO の
低下, Oxygen delivery の低下を認めたとしてい
る。それに対し IMP での IRV では、PEEP 程の
peak airway pressure の上昇はなく、循環に対
しても抑制は少ない。つまり IMP の胸腔内圧への
影響は PEEP 程強く見られず、かつ呼吸を制動す
ることにより呼吸終末肺容量が維持され、いわ
ゆる機能的残機量が維持され、肺酸素化能の低
下を予防しているのではないかと推察している。
リンパに関しては、今回行った実験の結果から、
リンパ管抵抗 (R)、リンパ流量 (F)、さらに肺血
管外水分量 (EVLW) をみると、IE 比が 1:2 の
PEEP 群では、R は低く、F は高く、EVLW は低
い。また、IE 比を 2:1 の IRV にすると IMP 群
で R が低く、F が高い傾向を示し、EVLW は低
い。すなわち R が低く、F が高い群で EVLW が
少ない傾向を示し、つまり 2:1 比の IRV では、
IMP の方が PEEP より胸腔内圧が有効に維持さ
れること

により肺間質からのリンパを押し出す力が大となつて、リンパドレナージが良くなり、EVLWが減少したと推察される。

結 語

1) オレイン酸肺水腫犬を作成し、ZEEP, PEEP, IMP の3群間における normal ratio (1:2) と2:1比のIRVの呼吸、循環、リンパの影響について比較検討した。

2) IMP群は、循環系に関しては、ZEEP群、PEEP群より心抑制は少なく、呼吸器系に関しては、PEEP群より肺酸素化能は勝っていた。

3) リンパに関しては、IMP群でリンパ管抵抗は減少し、リンパ流量は増加傾向を示した。その結果、肺血管外水分量はIMP群で若干減少した。

4) IE比を1:2から2:1へ逆転した場合、その効果はPEEP群よりIMP群の方が勝っていた。

文 献

- 1) Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, et al : Acute respiratory disease in adults. *Lancet* 2 : 319-323, 1967
- 2) Ashbaugh DG, Petty TL, Bigelow DB, et al : Continuous positive pressure breathing (CPPB) in adult respiratory distress. *J Thorac Cardio-*

vas Surg 57 : 31-42, 1969

- 3) Noble WH, Kay JC : Cardiac catheterization in dogs. *Can Anaesth Soc J* 21 : 616-620, 1974
- 4) Vreim CE, Ohkuda K : Improved method for cannuration of the right lymph duct in dogs. *J Appl Physiol* 43 : 899-901, 1977
- 5) Pearce ML, Yamashita J, Beazell J : Measurement of pulmonary edema. *Circ Res* 16 : 482-488, 1965
- 6) Holcroft JW, Trunkey DD : Extravascular lung water following hemorrhagic shock in the baboon. *Ann Surg* 180 : 408-417, 1974
- 7) Cole AGH, Weller SF, Sykes MK : Inverse ratio ventilation compared with PEEP in adult respiratory failure. *Intensive Care Med* 10 : 227-232, 1984
- 8) Finlay WEI, Wightman AE, Adams AP, et al : The effects of variations in inspiratory : expiratory ratio on cardiorespiratory function during controlled ventilation in normo-, hypo- and hyper-volemic dogs. *Brit J Anaesth* 42 : 935-939, 1970
- 9) Gurevitch MJ, Van Dyke, Young ES, et al : Improved oxygenation and lower peak airway pressure in severe adult respiratory syndrome : Treatment with inverse ratio ventilation. *Chest* 89 : 211-213, 1986