

Inversed ratio ventilation (IRV) が有用であった急性呼吸不全例

桑迫勇登* 安本和正* 島田千里* 毛利祐三*
佐々木佐枝子* 橘礼子* 細山田明義*

ABSTRACT

A Case Report of Acute Respiratory Failure Treated
with Inversed Ratio Ventilation (IRV)

Yuhto KUWASAKO, Kazumasa YASUMOTO, Chisato SHIMADA, Yuhzo MOHRI,
Saeko SASAKI, Reiko TACHIBANA and Akiyoshi HOSOYAMADA

Department of Anesthesiology, Showa University

School of Medicine, Tokyo, 142

A 68 year-old male with acute respiratory failure (pneumonia) was treated with inverted ratio ventilation (IRV) in which I:E ratio was 1.5:1 or 2:1. He had a past history of myocardial infarction. Initially the patient was ventilated with 7 cmH₂O PEEP, but arterial blood pressure and cardiac output were decreased. After respiratory mode was changed from PEEP to IRV, both the oxygenation and circulatory condition of the patient were improved. We conclude that IRV has beneficial effects on both oxygenation and cardiovascular stability especially in patients with respiratory and cardiac failure.

重症呼吸不全例においては、酸素化能を改善する際には positive end-expiratory pressure (PEEP) の付加が一般的であるが、PEEPにより必要以上に気道内圧が上昇すると、循環抑制や肺損傷発生の危険性がある。一方、I:E (吸気呼気比) を逆転させる inverted ratio ventilation (IRV) では、吸気流速が遅いのでゆっくりと肺胞が開き、最高気道内圧は低く保たれ、肺損傷の危険性が少ないといわれている¹⁾。今回、著者らは PEEP 付加により循環動態が抑制された急性呼吸不全例に IRV を施行したところ、循環抑制を回避するとともに酸素化能を改善し得たので、2, 3 の考察を加えて報告する。

I. 症 例

68歳、男性、身長170cm、体重64kg。

主訴：咳嗽、喀痰、呼吸困難。

1) 現病歴：平成3年、3月28日に咳嗽と悪寒が出現し、体温が37.6°Cに上昇したため、ペニシリン系抗生剤を服用した。一時的に解熱したが、3月30日に再度発熱(38.3°C)し、また咳嗽は前日よりも増加するとともに鉄錆色の喀痰が出現した。3月31日更に喀痰は増加し、仰臥位では呼吸困難を生じるために、座位を取っていた。近医にて胸部X線写真を撮影したところ、左中肺野に浸潤性の陰影を認めたために当院救急センターを受診し入院した。

入院時所見：表1に示すように、意識状態は正常であったが、過呼吸を呈し、血液ガス分析において低酸素および低炭酸ガス血症が認められた。

* 昭和大学医学部麻酔学教室

表1 入院時所見

BP 142/86 mmHg, HR 132/min(irregular)	
RR 26/min	
WBC 10300/ μ l	Na 132.3 mEq/dl
RBC 440 $\times 10^6$ / μ l	K 3.8 mEq/dl
Hb 13.6	Cl 101.4 mEq/dl
Ht 40.2	Pao ₂ 56.9 mmHg
plt 17.5 $\times 10^3$ / μ l	Paco ₂ 27.6 mmHg
T.P. 6.8 g/dl	PH 7.511
Alb 3.7 g/dl	BE 1.2
BUN 19.7 mg/dl	HCO ₃ 22.3
Cr 1.3 mg/dl	SAT 91.0
GOT 13 IU/l	(O ₂ 4 L nasal)
GPT 13 IU/l	

聴診により左上肺野に湿性ラ音が聴取され、胸部X線写真において左中肺野から下肺野にかけて浸潤性の陰影が認められた。また、心電図上では頻拍および心房細動が見られた。

2) 既往歴：6, 7年前より、糖尿病にて食餌および運動療法を行っており、血糖は約130 mg/dlにコントロールされていた。更に、昭和61年3月に急性心筋梗塞にて冠動脈血栓融解療法を、同年4月に経皮的冠動脈形成術を施行されていた。また、平成1年8月には心房細動に対して電気的除細動が施行されていた。

3) 診断：ICU入室後、気管内挿管、人工呼吸下にブロンコファイバースコープを施行したところ、左下葉分岐部、左B⁶、肺底支、左上区支、舌支などの各分岐部に浮腫が認められるとともに、褐色の分泌物が多量に存在した。また、胸部単純X線写真ならびに断層撮影よりbroncho-alveolar carcinomaも疑われたため、喀痰の細胞診ならびに左B⁶とB⁹⁺¹⁰の分岐部を生検して病理組織学的検査を行った。両検査においてclass IIであったので、本症例は急性肺炎による呼吸不全と診断された。

II. 呼吸および循環管理方法

フェイスマスクによる酸素の吸入（インスピロン：100%酸素、flow=15 l/min）により、Pao₂の改善を計ったが、さしたる効果は得られなかった。また、抗生素および去痰剤などの投与

にもかかわらず理学的所見は改善せず、喀痰が多くラ音も聴取された。更に、頻拍症および心房細動が持続するため、ICUへ入室した。

1) 呼吸管理（図1）

ICU入室後に気管内挿管し、Dräger社製ベンチレータEVT-1000を用いて人工呼吸を開始した。FiO₂=1.0、一回換気量（V_T）=600 ml、呼吸回数=10/min、I:E=1:2、PEEP=7 cmH₂Oにて人工呼吸を開始したが、continuous positive pressure ventilation (CPPV)開始後より動脈圧(AP)ならびに心拍出量(CO)が低下し始めたため、昇圧薬を用いて対処していたが、4時間後より換気法をPEEP=0 cmH₂O、I:E=1.5:1のIRVに変更した。3病日のブロンコファイバースコープ施行時に気管内洗浄を行ったところ、Pao₂が低下したためI:Eを2:1に変更した。6病日まで2:1のIRVを施行し、酸素化能の改善が認められた後には段階的にI:Eを減少させ、1:2に戻した。なお、IRV施行中は鎮静ならびに不動化を目的として、塩酸モルヒネとベクロニウムを適時投与した。I:Eを1:2に戻した後には、自発呼吸の改善に伴ってsynchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV)の回数を減少させるとともに、pressure support ventilation (PSV)のサポート圧を20 cmH₂Oから漸次減少させ、17病日には5 cmH₂Oのcontinuous positive airway pressure (CPAP)に移行した。

急性肺炎に対する化学療法には、入院直後より広域スペクトラムの抗生素（ミノマイシン、ペペラリシン）を投与した。ブロンコファイバースコープ施行時に喀痰培養を行ったものの、起因菌は同定できなかった。

人工呼吸と化学療法により、十分な酸素化能の改善が認められ、また胸部X線写真においても、左肺野の異常陰影は徐々に消失した（写真1, 2, 3）ため、ICU入室後18病日に人工呼吸器を離脱した。

2) 循環管理（図1）

ICU入室後に、橈骨動脈に観血的動脈圧測定用カテーテルを、また肺動脈圧（PPA）ならびにCO測定を目的として、Swan-Ganzカテーテル

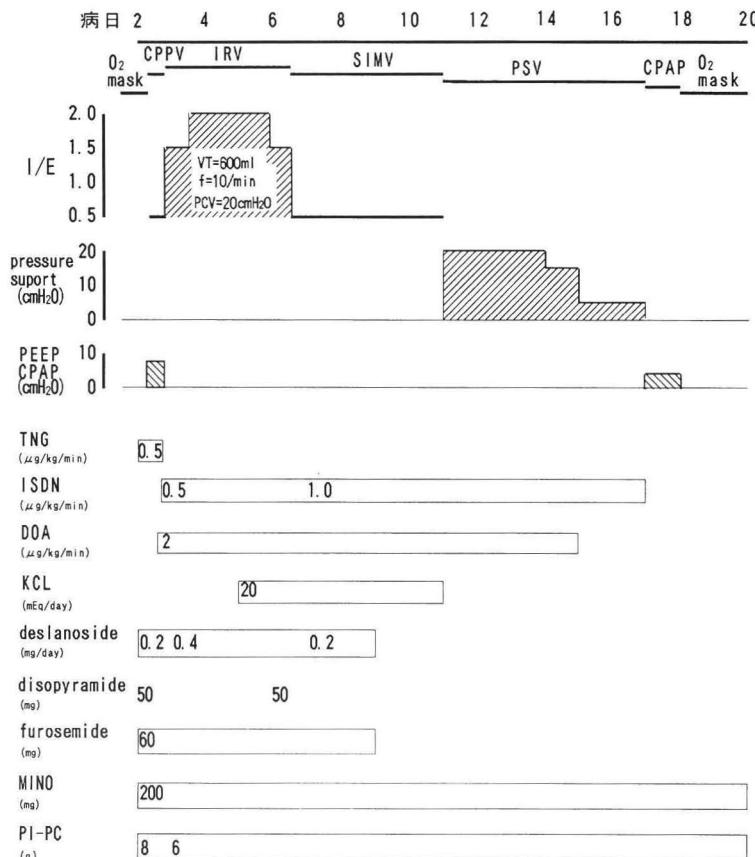


図 1 呼吸および循環管理

を挿入した。頻拍症ならびに心房細動に対してはデスラノシドとジソピラミドなどを、また肺動脈圧を低下させる目的で、ニトログロセリン(TNG)、硝酸イソソルビド(ISDN)およびフロセミドなどを適時使用した。

III. 経 過

1) PaO_2 および Paco_2 の変動 (表2, 図2)

人工呼吸開始時、7 cmH₂O の PEEP を付加することにより、 PaO_2 は 45.8 mmHg (100% 酸素マスク) から 105.7 mmHg ($\text{FiO}_2=1.0$) まで上昇したが、循環動態の悪化とともに 70.1 mmHg ($\text{FiO}_2=1.0$) まで低下した。換気様式を I:E=1.5:1, PEEP=0 cmH₂O の IRV に変更したが、30 分後には PaO_2 は約 55 mmHg ($\text{FiO}_2=1.0$) 上昇した。その後、気管内洗浄施行時 PaO_2 は 82.9 mmHg ($\text{FiO}_2=0.8$) に低下した

が、I:E を 2:1 に変更した 4 時間後には 113.5 mmHg ($\text{FiO}_2=0.8$) まで、更に 13 時間後には 190.8 mmHg ($\text{FiO}_2=0.8$) まで上昇し、IRV により酸素化能は著明に改善した。一方、 Paco_2 は I:E が変更されても、ほぼ 40 mmHg 前後に保たれた。

2) 循環動態の変動 (表2, 図2)

ICU 入室後には $\text{PPA}=35 \text{ mmHg}$, $\text{AP}=130/65 \text{ mmHg}$, 心拍数 (HR)=130/min, $\text{CO}=8.27 \text{ l/min}$ であったが、その後 PPA は徐々に上昇した。CPPV 下において CO が 4.18 l/min まで低下したために、換気様式を 1.5:1 の IRV へ変更した。IRV 開始後 CO は 5.43 l/min に回復したが、しばらくすると若干低下する傾向を示した。しかし HR ならびに PPA などが安定するに従って上昇し、8 病日には 5.89 l/min と、ほぼ正常レベルに回復した。ICU 入室直後よりデスラノ

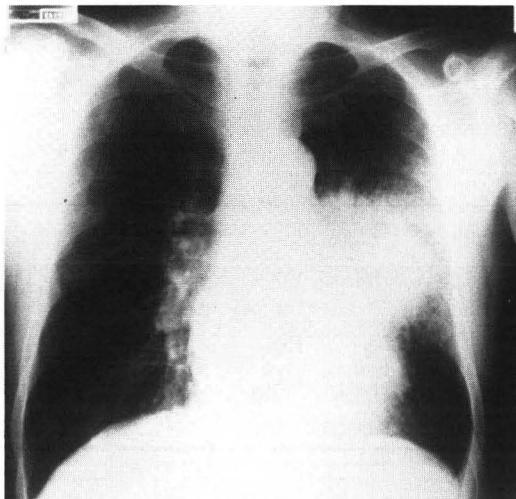


写真 1 1病日

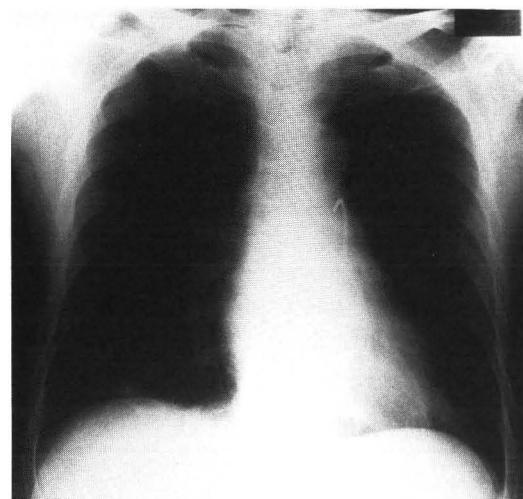


写真 3 16病日



写真 2 4病日

シドならびにジソピラミドを連日投与したにもかかわらず、頻拍症および心房細動には治療効果が認められなかったため、6病日に電気的除細動を施行した。

IV. 考 察

PEEPは機能的残気量(FRC)を増加させることにより、 Pao_2 を上昇させるといわれている。しかし、FRCの増加が認められるのは主に時定数の低い肺胞であり、時定数の高い肺胞ではあまり効果的でないと考えられている。一方、

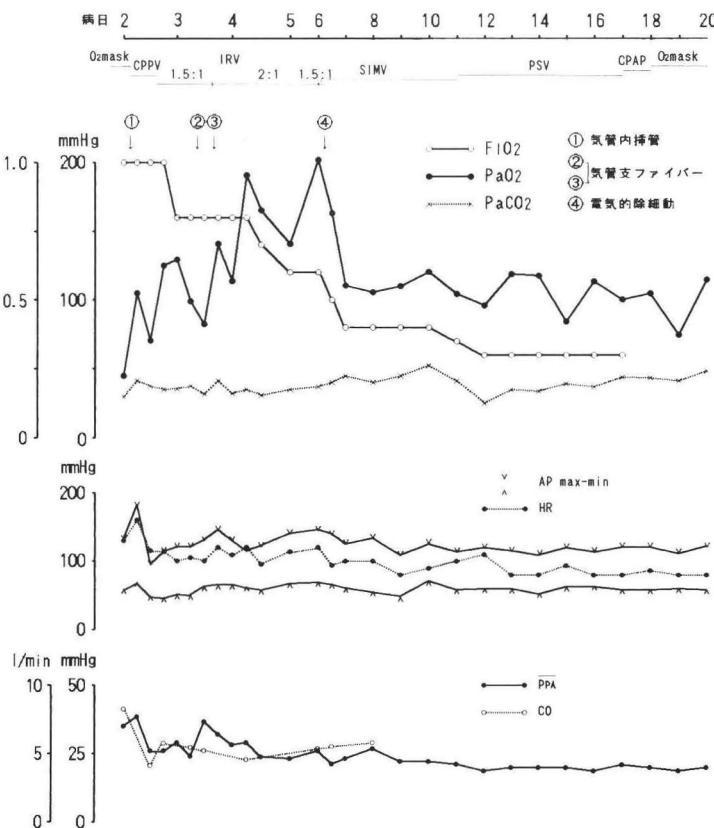
IRVでは吸気流速が遅いので、PEEPの作用が及びにくい時定数の高い肺胞に対してもFRCを増加させ、 Pao_2 を上昇するといわれている²⁾³⁾。IRVの酸素化能の改善については、当初、否定的な報告も散見された⁴⁾⁵⁾が、現在では効果の発現は多少時間を要するものの、IRVは酸素化能を改善すると考えられている⁶⁾⁷⁾⁸⁾。今回の症例においても、特にI:Eが2:1のIRV施行時に、経時的に Pao_2 が上昇する傾向が認められ、従来の報告と一致した。

IRVの至適I:Eについて、Coleら¹⁾は1:1ないし1.7:1、一方、左利ら⁹⁾は1.2:1ないし2.3:1と報告しており、諸家の意見が異なっている。ここには呼吸不全の種類ならびに重篤度などが影響していると考えられる。また、武澤¹⁰⁾は動脈血ガス分析を行いながら、病的肺胞のopening pressureを測定することにより、IRV施行時の設定圧、吸気時間、更に呼気時間などを規定すべきであり、至適I:Eは限定しにくいと述べている。今回の症例では、1.5:1よりも2:1のIRVの方が、酸素化能の改善については効果的であった。また、IRVにより Pao_2 の改善を得たが、ここにはauto-PEEPへの作用が影響したとも解される。

各種の人工呼吸様式が循環動態に及ぼす影響を比較すると、PEEPならびにIRVの方がIPPVより平均気道内圧が高いため、静脈還流が低下し

表2 血液ガスおよび循環動態の変動

換気様式	経過時間	血液ガスと酸素化能			循環動態			
I:E(PEEP) (cmH ₂ O)		Pao ₂ (mmHg)	Paco ₂ (mmHg)	PAO ₂ /Pao ₂	BP (mmHg)	HR (/min)	PPA (mmHg)	CO (l/min)
O ₂ mask 1:2(7)		45.8	29.0	14.93	135/65	130	35	8.27
		70.1	38.6	9.62	98/55	115	26	4.18
1.5:1(0)	30 min	125.8	37.0	5.37	115/50	115	26	5.77
	2 hr	129.5	37.9	4.10	120/55	100	29	
	11 hr	99.7	38.7	5.31	120/55	105	24	5.43
	21 hr	82.9	32.7	6.47	130/65	100	37	5.20
2:1(0)	30 min	141.1	41.7	3.73	145/65	120	32	
	6 hr	113.5	32.8	4.72	130/65	108	28	
	13 hr	190.8	35.1	2.80	115/65	120	29	
	37 hr	204.4	37.4	1.89	145/70	110	26	5.39
1.5:1(0)	5 hr	163.9	40.1	1.90	140/70	95	21	5.45
1:2(0)		106.5	40.1	2.24	130/55	100	27	5.89

図2 Pao₂, Paco₂ ならびに循環動態の変動

て肺血管抵抗が増加し、その結果COが低下する。更に、PEEPとIRVを比較すると、IRVの方が循環抑制の程度は小さい¹¹⁾。また、モデル肺を用いた検討¹⁰⁾では、たとえ平均気道内圧が同レベルであっても、平均胸腔内圧はPEEPよりIRVの方が低く、循環抑制が少ないことが示唆されている。今回の症例のように循環系に失调の見られる症例では、PEEP付加よりもIRVの方が循環抑制作用が少ないと思われる。IRVにより循環抑制を来す、もうひとつの原因としてauto-PEEP¹²⁾の存在がある。今回は、auto-PEEPの測定は行っていないが、IRV施行時に気道内圧が低いにもかかわらずCOが低下する場合には、auto-PEEPの測定が望まれる。

以上のように、今回の症例を酸素化能ならびに循環動態の変動から総合的に評価すると、両面において7cmH₂OのPEEPよりも2:1のIRVの方が優れていると思われた。

PEEP付加により循環抑制が発生した急性呼吸不全例に対して、IRVを施行した。酸素化能の改善と循環動態の保持の両面において、IRVの有用性が認められた。

(1991.6.27受)

文 献

- 1) Cole AGH, Weller SF, Sykes MK : Inversed ratio ventilation compared with PEEP in adult respiratory failure. *Intensive Care Med* 10 : 227-232, 1984
- 2) 安本和正：最近の人工呼吸はどこまで進歩したか。 *クリニカルエンジニアリング* 2 : 107-114, 1990
- 3) Baum M, Benzer H, Mutz N, et al : Inversed ratio ventilation (IRV). Die Rolle des Atemzeitverhältnisses in der Beatmung beim ARDS. *Anaesthesist* 29 : 592-596, 1980
- 4) Fuleihan SF, Wilson RS, Pontoppidan H : Effects of mechanical ventilation with end-inspiratory pause on blood gas exchange. *Anesth Analg* 55 : 122-130, 1976
- 5) Berman LS, Downs JB, Van Eden A, et al : Inspiration : expiration ratio. Is mean airway pressure the difference? *Crit Care Med* 9 : 775-777, 1981
- 6) 鏡 獣, 安本和正, 布宮 伸ほか : Inversed ratio ventilation が開心術後のガス交換能に及ぼす影響。 *人工呼吸* 6 : 102-106, 1989
- 7) Ravizza AG, Carugo D, Cerchari EL, et al : Inversed ratio and conventional ventilation -Comparison of the respiratory effects. *Anesthesiology* 59 : a523, 1983
- 8) Duma S, Baum M, Benzer H, et al : Inversed ratio ventilation (IRV) nach kardiochirurgischen Eingriffen. *Anaesthesist* 31 : 549-556, 1982
- 9) 左利厚生, 山下茂樹, 野々上忠彦ほか : Inversed ratio ventilation (IRV) の臨床的検討。 *ICU と CCU* 13 : 417-425, 1988
- 10) 武澤 純 : 人工換気における吸気呼気比の考え方—Inversed Ratio Ventilation (IRV)—。 *日本臨床麻酔学会誌* 11 : 164-168, 1991
- 11) 島田千里, 安本和正, 細山田明義ほか : オレイン酸肺水腫に対するIRVの効果。 *ICU と CCU* 15 : 53-59, 1991
- 12) Brown DG, Pierson DJ : Auto-PEEP is common in mechanically ventilated patients : A study of incidence, severity, and detection. *Respir Care* 31 : 1069-1074, 1986