

〔一般演題〕

Inversed ratio ventilation が開心術後の ガス交換能と及ぼす影響

鏡 勲* 安 本 和 正**
布 宮 伸* 多 田 敏 彦***

人工呼吸下の酸素化能が悪化した患者に対しては現在のところもっぱら PEEP を付加して対処している。PEEP は機能的残気量を増し、シャント率を減少するとともに拡散距離をも短くすることなどにより酸素化能を改善することは周知の事実である。しかし、PEEP は気道内圧を必要以上に上昇するので、多彩な副作用を招来することもまた良く知られている¹⁾。その上、PEEP を付加しても PaO_2 の上昇が不十分な例に遭遇することも珍しいことではない。

一方、通常人工呼吸中の IE 比は 1:2 に、すなわち、吸気時間の方が呼気時間より短く設定するのが常であるが、IE 比を逆転して吸気時間を長くすると、酸素化能が改善することが報告されている²⁾。この IE 比を逆転した換気法 inversed ratio ventilation (IRV) においても吸気時間の増加に比例して、循環抑制作用が増強する^{3) 4)}といわれている。しかし、その程度は PEEP に比べるとはるかに小さいと思われるので、もし IRV が PEEP と同等かまたはそれ以上の酸素化能亢進作用を有するならば、臨床上有益と思われる。

今回、開心術後の人工呼吸下の症例で、酸素化能が悪化していた 15 症例に IRV を試みたところ、比較的良好な成績を得たので報告する。

対象および研究方法

47 から 75 歳の冠動脈バイパス術施行例 15 症例を対象とした。IRV 開始前の吸気酸素濃度、PEEP レベル、酸素化能および用いた IRV の IE

比などを表 1 に示した。内 6 例では IE 比を 1:2 より 1 種類の IRV を試み、さらに 7 例では 2 種類以上の IE 比の IRV を行った。また、3 例では IRV から IE 比を 1:2 へもどした後の経過を観察した。

各症例において用いた FI_{O_2} が異なっていたので、今回は酸素化能を $\text{PAO}_2/\text{PaO}_2$ により評価した。パラメーターの採取は、IRV 開始直前、IE 比変換後 1 から 2、3 から 5、さらに 8 から 10 時間の計 4 回とした。

なお、それぞれの群において、IE 比が 1:2 の時の値を対象値として、各パラメーターの推移を検討した。

結 果

1 種類の IRV 施行群における各パラメーターの平均値を表 2 に示した。

1 種類の IRV 施行群では、 $\text{PAO}_2/\text{PaO}_2$ は IRV 開始後 1 から 2 時間より減少し、その程度は時間とともに増大して 8 から 12 時間後には対象値の約 60% へと、有意に低下した (図 1)。複数の IRV を施行した 7 例では、当初換気様式を IRV にしても酸素化能はそれほど改善しなかったもので、より高い IE 比の IRV を用いたところ酸素化能は著しく改善した。1 種類の IRV 施行群と同様に $\text{PAO}_2/\text{PaO}_2$ の減少の程度は経時的に増大した (図 2)。IRV 実施後 1 から 2 時間に PaCO_2 は多少減少したが、推計学的には有意ではなかった。

IRV より IE 比を 1:2 にもどした後の血液ガスを観察した 3 症例では、全例において IRV を止めることにより PaO_2 は低下し、2 例では 8 から 12 時間後までその低下が続いた。また換気様

* 山形県立中央病院麻酔科

** 昭和大学医学部麻酔学教室

*** 山形大学医学部麻酔学教室

表 1 対 象

| | | | | | PEEP | FiO ₂ | PaO ₂ | PAO ₂ /PaO ₂ | IRV |
|------|-----|----|---|-------|------|------------------|------------------|------------------------------------|---------|
| 柳 松 | ○郎 | 55 | M | (2 枝) | 2 | 0.6 | 73 | 5.20 | 1.5 : 1 |
| 佐 藤 | ○ル子 | 56 | F | (1 枝) | 2 | 0.5 | 100 | 3.25 | 1.5 : 1 |
| 小 関 | ○治 | 60 | M | (3 枝) | 8 | 1.0 | 96 | 6.92 | 1.5 : 1 |
| *武 田 | ○子 | 62 | F | (2 枝) | 8 | 1.0 | 86 | 8.02 | 2.6 : 1 |
| 斎 藤 | ○治郎 | 72 | M | (2 枝) | 4 | 0.5 | 102 | 3.15 | 2.0 : 1 |
| 神 長 | ○ | 47 | M | (2 枝) | 6 | 0.45 | 95 | 2.98 | 2.0 : 1 |
| 高 橋 | ○巳 | 62 | M | (2 枝) | 4 | 0.65 | 87 | 4.81 | 2.6 : 1 |
| 安孫子 | ○繁 | 55 | M | (2 枝) | 6 | 0.8 | 99 | 5.33 | 2.6 : 1 |
| 本 間 | ○次 | 75 | M | (3 枝) | 6 | 0.6 | 104 | 3.68 | 2.0 : 1 |
| 石 川 | ○吉 | 70 | M | (2 枝) | 4 | 0.6 | 89 | 4.40 | 2.6 : 1 |
| 鈴 木 | ○ミ | 54 | F | (1 枝) | 2 | 0.5 | 80 | 3.95 | 2.6 : 1 |
| 遠 藤 | ○三郎 | 67 | M | (2 枝) | 3 | 0.45 | 100 | 2.78 | 2.6 : 1 |
| 井 上 | ○よ子 | 69 | F | (1 枝) | 4 | 0.55 | 96 | 3.65 | 2.6 : 1 |
| *佐 藤 | ○ | 65 | M | (2 枝) | | | | | 1.5 : 1 |
| *小 関 | ○一郎 | 60 | M | (2 枝) | | | | | 2.0 : 1 |

(IRV より IE 比を 1 : 2 にもどした際の PaO₂ を観察した例に*印を付けた)

表 2 1 種類の IRV 施行群における各パラメータの推移

| | 1 : 2 | IRV | | |
|------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1~2 h | 3~5 h | 8~12 h |
| PAO ₂ /PaO ₂ | 4.59±0.42 | 3.58±0.2 | 2.98±0.18 | 2.66±0.24 |
| Paco ₂ | 33.1±1.4 | 31.3±0.9 | 31.5±0.8 | 30.8±1.4 |
| 平均動脈圧 | 82.4±5.3 | 82.6±4.9 | 83.2±5.1 | |
| 脈 拍 数 | 105.8±10.7 | 112.2±9.9 | 109.0±8.9 | |
| 中心静脈圧 | 9.0±1.0 | 10.5±1.0 | 10.5±1.1 | |

(平均値±標準誤差)

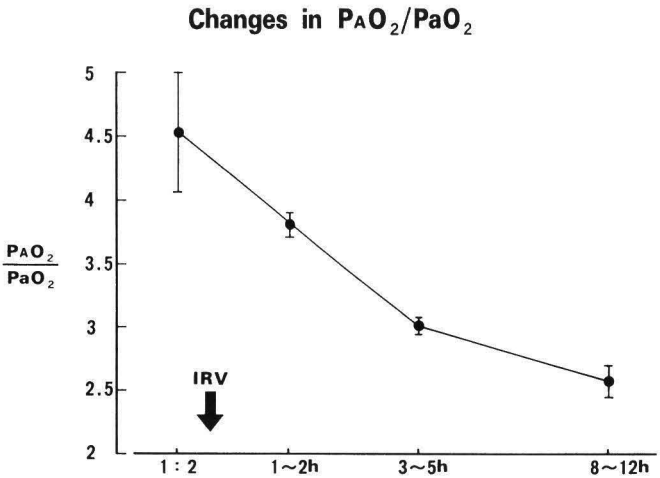


図 1 1 種類の IRV 類の施設群における PAO₂/PaO₂ の推移

Changes in $\text{PaO}_2/\text{PaO}_2$ (tried several IRV)

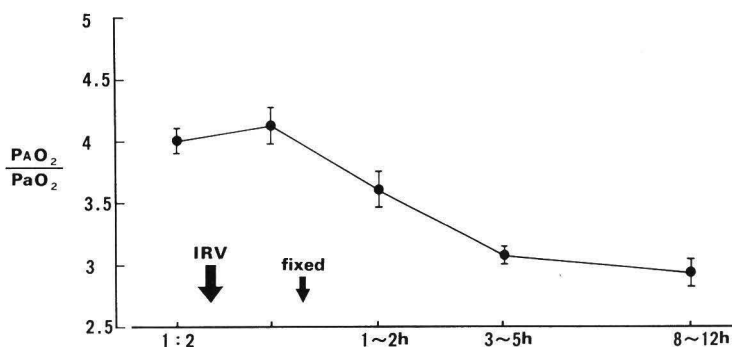


図 2 複数 IRV 施行群における $\text{PaO}_2/\text{PaO}_2$ の推移

Changes in PaO_2 in three cases

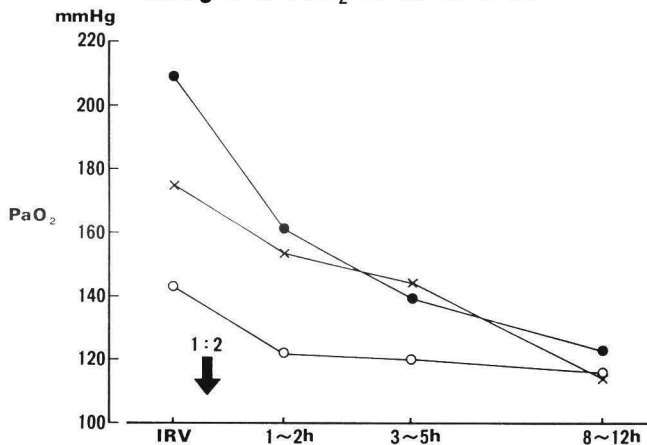


図 3 IRV より IE 比 1:2 にもどした後の PaO_2 の推移

式変更後の PaO_2 の低下は、IRV 時の PaO_2 値が高いほど強かった (図 3)。

一方、 PaCO_2 は 1 例では軽度上昇し、1 例では反対に若干減少した。残りの例では不変であり、一定の傾向を認めなかった。

IRV 開始後 1 から 2 時間に脈拍数と中心静脈圧は軽度上昇したが、血圧は不変であり、IRV 施行前後における循環動態のパラメータには推計学的に有意な変動は認められなかった。

考 察

人工呼吸を行う場合の IE 比は 1:2 に設定されることが多く、少なくとも吸気より呼気時間の方が長くなるように規定されるのが一般的である¹⁾。何故ならば、送気したガスの呼出が完全に遂

行される以前に次の吸気が始まると、肺容量が次第に増えて過膨張となるので、呼吸器系のみならず循環系も障害されるからである。

1974 年に Reynolds ら²⁾は従来の人工呼吸法から最大吸気圧を低くして、呼吸数を少なくし、さらに、IE 比を大きくするという換気様式に変えたところ、bronch pulmonary dysplasia の発生率が減少したために、hyaline membrane disease の救命率が 11% から 49% へと飛躍的に上昇した結果を報告し、IRV の有効性を明示した。しかし、その後 IRV よりも PEEP のほうがより有効であるという報告³⁾⁴⁾がなされたために、酸素化能の改善に対してもっぱら PEEP が付加され、IRV はあまり用いられなかった。ところが、PEEP を用いても酸素化能の改善を得にくい例が存在すること、

高い PEEP を付加すると PaO_2 の上昇を得られるが循環動態を抑制するとともに、圧外傷を発生しやすいこと、さらに IRV では炭酸ガスの排泄が促進されることなどの理由により、最近再び IRV が注目されるようになってきた。

著者らの今回の結果では、PEEP を付加しても PaO_2 が上昇しなかった例に IRV を行うことにより、大多数の症例において PaO_2 は上昇をした。一方、IRV を行っても PaO_2 に上昇を得られなかったという報告がある。報告者による IRV の評価に対する合反する違いは、IRV 実施期間および効果判定の時期の差によるものと思われる。IRV により PaO_2 が上昇するには比較的長い時間を要するという点に関しては諸家の意見が一致しており^{5)~7)}、著者らの成績もそれから逸脱するものではない。しかし、IRV の効果を否定した報告では、いずれも IRV 開始後 30 分以内にその効果を判定しているため、酸素化能の改善を認めなかったと思われる。

6 から 10 cmH_2O の PEEP を付加しても酸素化能の改善が認められなかった例に IRV を実施したところ、シャント率が減少して PaO_2 は上昇したが、 PaO_2 の上昇の程度は、IRV の継続時間および I:E 比の多窩に比例し、さらに IRV を用いた際に生じる循環動態への抑制作用は、呼吸器系よりも循環系に起因する呼吸不全例において強かったと山下ら⁷⁾は述べている。

高い PEEP に比して、IRV では、最高気道内圧が低いので、肺の圧損傷の発生率が少ないという利点を有しているが、肺酸素化能の改善に対して、はたして IRV と PEEP のいずれがより効果的であるかについては興味を持たれるところである。しかし、この点に関して Reynolds ら²⁾は酸素化能改善作用には両換気法間に差がないが、PEEP では気道内圧ならびに Paco_2 の上昇を来すので、総合的に判断すると IRV の方が勝っていると述べている。一方、10 名の急性呼吸不全患者に、IE 比を 1:2 より 4:1 にしたときの心肺機能の推移を各換気法において比較した Cole ら⁸⁾は、シャント率は IRV と PEEP のいずれにおいても同程度減少したが、死腔換気率は PEEP よりも 4:1 の IRV の方が著明に減少することを報

告している。しかし、残念ながら両者において心拍出量および酸素供給量の低下はさけられなかったと述べている。

今回の著者らの検討では、IRV 実施中も PEEP を付加したので、PEEP レベルを高くしても十分な PaO_2 の上昇を得ないような重症の呼吸不全患者では、PEEP と IRV を併用する人工呼吸法が有効であると思われる。PEEP は主に機能的残気量 (FRC) を増加させることにより PaO_2 を上昇させると考えられているが、その際にはもっぱら換気の良い肺胞の FRC を増加させ、時定数の高い部位にはあまり効果的でないとされている。一方 IRV は吸気流速が低いので PEEP の効果のおよばない膨らみにくい気道を中心に FRC を上昇させるといわれている。そのため Baum ら⁹⁾は IRV を individual PEEP と称している。したがって、PEEP と IRV の併用換気法は、PEEP 単独時よりも最高気道内圧を低下せしめるだけでなく、作用機序からも理に適うと考えられている。

IRV による PaO_2 の上昇作用の発現には PEEP 付加時に比して時間を要することが報告されていたが、著者らの結果もそれを裏付けるものである。また、IRV の期間が長くなるに伴って酸素化能の改善作用が増強されたので、継続することによって効果を増すことが示唆された。

PEEP よりは程度が軽いと思われるが、IRV によっても循環動態が抑制されると報告されている。すなわち、吸気時間が延長するためには静脈還流が阻害されることに起因すると考えられている¹⁰⁾。しかし、著者らの例ではさしたる循環動態の失調を認めなかった。これは当初より極端に高い IE 比の IRV を用いず、段階的に IE 比を上昇させたこと、また 2:1 が中心と比較的 IE 比の低い IRV を用いたことなどが一因と考えられる。著者らと同様に冠動脈術後の患者に IRV を施行した Duma ら⁵⁾も、段階的に IE 比を増加すると IRV の有する循環抑制作用を軽減できると述べている。Reynolds ら²⁾は、心拍出量を減少することなくガス交換の改善が得られる IE 比をさがしたところ、1.1:1 から 1.7:1 の間の IRV であれば循環抑制作用は少ない、と報告している。

今回の検討では明らかにしなかったが、IMV 時

に強制換気の IE 比を高くすると、ファイティングを多発し、人工呼吸器への適応性が低下するので、IRV はあくまで調節呼吸時の換気法であり、自発呼吸が混在する換気モードでは用いるべきでないと思われる。

結 語

冠動脈バイパス術後 15 症例に IE 比 1.5 : 1 から 2.6 : 1 の IRV を行い、酸素化能に及ぼす影響を検討して以下の結論を得た。

1) IRV により (内 6 例では 1 種類の、内 7 例には複数の IRV を施行) 有意に酸素化能が改善した。しかし、 PaO_2 の上昇を得るには数時間を要した。

2) IRV に換気様式を変えても PaCO_2 への影響は少なかった。

3) 3 例では IRV より IE 比を 1 : 2 にもどしたところ、 PaO_2 は低下した。

4) IRV が循環動態へ及ぼす影響は少なかった。

5) 以上の結果より、PEEP を付加しても酸素化能が改善しない例には IRV は推奨される換気法と思われた。

文 献

- 1) 安本和正：図解レスピレータ使用マニュアル。日総研出版、名古屋、1988
- 2) Reynolds E, Taghizaden A : Improved prognosis of infants mechanically ventilated for hyaline

membrane disease. Arch Dis Child 49 : 505, 1974

- 3) Perez-Chada RD, et al : Cardiorespiratory effects of an inspiratory hold and continuous positive pressure ventilation in goats. Intensive Care Med 9 : 263, 1983
- 4) Tyler DC, Cheney FW : Comparison of positive end-expiratory pressure and inspiratory positive pressure plateau in ventilation of rabbits with experimental pulmonary edema. Anesth Analg 58 : 288, 1979
- 5) Duma S, et al : Inverse ratio ventilation (IRV) nach kardiochirurgischen Eingriffen. Anesthesist 31 : 579, 1982
- 6) Ravizza AG, et al : Inverse ratio and conventional ventilation : Comparison of the respiratory effects. Anesthesiology 59 : A523, 1983
- 7) 山下茂樹ほか：呼吸不全患者における吸気延長型人工呼吸法の肺酸素化能と酸素運搬能に対する効果。ICU と CCU 12 : 699, 1988
- 8) Cole AGH, et al : Inverse ratio ventilation compared with PEEP in adult respiratory failure. Intensive Care Med 10 : 227, 1984
- 9) Baum M, et al : Inversed ratio ventilation (IRV). Die Rolle des Atemzeitverhältnisses in der Beatmung beim ARDS. Anaesthesist 29 : 592, 1980
- 10) Lutch JS, Murray JF : Continuous positive pressure ventilation : Effects of systemic oxygen transport and tissue oxygenation. Ann Intern Med 76 : 193, 1972