

□短 報□

各種人工呼吸器の F_{IO_2} 安定性について

榎 田 浩 史* 沢 恒*
市 川 敬 太* 天 羽 敬 祐*

最近、人工呼吸中の重症患者の代謝量をベッドサイドで測定できる装置が普及してきた。これらの装置はミキシングチェインバー法で \dot{V}_{O_2} と \dot{V}_{CO_2} を測定する機種が多いが、この方法においては、 F_{IO_2} の測定誤差が \dot{V}_{O_2} を測定する上で大きな誤差の原因となる¹⁾。例えば、吸気と呼気の酸素濃度差が 0.02 (2%, 例えば 40-38%) の時、 F_{IO_2} の測定誤差が 0.005 (0.5%) あれば、 \dot{V}_{O_2} の誤差は 25% にも達する。そのため死腔換気が増加した患者のように、分時換気量が大きく $F_{IO_2} - F_{EO_2}$ の差が小さい患者ほど誤差は大きくなりやすい。また F_{IO_2} が高いほど誤差は大きくなる可能性がある。SIMV, CPAP などの自発呼吸がある換気モードでは、一回換気量が一定しておらず F_{IO_2} が微変動しやすいとも言われている²⁾。また Browning らは一部の人工呼吸器では F_{IO_2} が吸気中に微変動することを報告した³⁾。

そこでわれわれは市販の 5 機種的人工呼吸器について、IPPV, SIMV, CPAP, SIMV+PS の各モードのとき、 F_{IO_2} が動揺しないかどうかを検討した。

方 法

人工呼吸器は、サーボ 900 B, サーボ 900 C, ハミルトン社 Amadeus, ドレーゲル社 UV 2, Engström Erica の 5 機種について検討した。

人工呼吸器をモデル肺 (BOC 社製, IMI) に接続し、酸素、空気源は中央配管からとり、酸素ブレンダーは人工呼吸器内蔵のものを使用した。酸素源と空気源の圧力はともに 4.2 kg/cm^2 であった。酸素濃度はポラログラフ式電極法のレスピーナ IH 26 (日本電気三栄) によって、人工呼

吸器とモデル肺を結ぶ Y コネクターの部位で測定した。酸素濃度計のサンプル量は 20 ml/分、応答速度は 200 msec 以下で分解度は 0.1% である。酸素濃度計からの出力を直線書きペンレコーダー (日本電気三栄) によって記録した。

人工呼吸器は、一回換気量 500 ml, 呼吸回数 14~15 回/分に設定し、最高気道内圧が 15~18 cmH₂O になるようにモデル肺のコンプライアンスを調節した。呼吸モードは、IPPV, SIMV, CPAP, SIMV+PS のそれぞれについて検討したが、SIMV および CPAP 中の自発呼吸は、モデル肺を手動的に膨らませることにより、一回換気量が 200~800 ml となるようにした。 F_{IO_2} は 0.3, 0.5, 1.0 のそれぞれで検討した。

酸素濃度計が気道内圧の影響を受けるため、まず 100% 酸素によってモデル肺を換気し、この時の酸素濃度の変化から、気道内圧による酸素濃度計への影響を補正した。

例えば、100% 酸素で換気中、気道内圧が 0 cmH₂O から 15.0 cmH₂O に上昇した時、酸素濃度は 100.0% から 100.7% に上昇した。酸素濃度計が気道内圧の影響を 100% 受けるとすると、酸素濃度計は 101.5% まで上昇するはずである ($(15.0 + 1,033.6) / 1,033.6 = 1.015$)。これは使用した酸素濃度計が、使用した条件 (サンプル量, サンプリングチューブの長さなど) で 47% ($0.7 / 1.5$) 気道内圧の影響を受けるためと考えた。

結 果

いずれも酸素濃度が高くなる方向に最高 0.21% の動揺があった。この動揺は気道内圧の変動が小さい CPAP で小さい傾向があった (表 1)。

* 東京医科歯科大学医学部麻酔科蘇生科

表 1 5機種の人工呼吸器の各呼吸モード下での FI_{O_2} の微変動 (単位は%), FI_{O_2} , 0.3 および 0.5 の 2 点で検討した

人工呼吸器 呼吸モード		サーボ 900 B	サーボ 900 C	Amadeus	UV 2	Engström Erica
IPPV	0.3	0.21	0.18	0.10	0.07	0.15
	0.5	0.21	0.15	0.19	0.13	0.12
SIMV	0.3	0.21	0.18	0.12	0.09	0.13
	0.5	0.21	0.12	0.15	0.14	0.13
CPAP	0.3	0.13	0.06	0.05	0.14	0.05
	0.5	0.10	0	0.12	0.05	0.03
SIMV+PS	0.3		0.20	0.10	0.11	0.10
	0.5		0.20	0.15	0.14	0.13

考 察

呼吸ガス分析による \dot{V}_{O_2} の測定には, FI_{O_2} が一定していることが正確な測定のための条件である。Browning らは, 実際に人工呼吸中の患者の FI_{O_2} を Y ピースの部位でマススペクトロメーターによって測定し, FI_{O_2} の微変動があることを報告した。Y ピースの部位でガスをサンプリングすると, 患者の呼吸ガスが吸気ガスサンプルに混ざることによって FI_{O_2} の測定に影響する可能性があること, マススペクトロメーターのサンプリング量が比較的多いことも吸気ガスが呼吸ガスに汚染される可能性を高くしていることが考えられる。そこでわれわれはモデル肺を利用して, 各種人工呼吸器の FI_{O_2} の安定性について検討した。その結果, FI_{O_2} 微変動は最高 0.21% であり, 許容範囲にあると考えられた。

われわれが使用した酸素濃度計 (ポラログラフ式電極法) は, 応答速度は 200 msec 以下で分解度は 0.1% である。0, 5, 10, 15, 20, 30 cmH₂O の IPPV (FI_{O_2} 1.0) で圧の影響を調べたところ, $R=0.998$ の直線的相関があり今回の FI_{O_2} の安定性の測定に妥当と考えた。

今回の結果では, FI_{O_2} の微変動は常に高くなる方向に変動していた。また気道内圧の変化が小さい CPAP で微変動が少なかった。これは酸素濃度計に対する気道内圧上昇の影響が十分差し引かれていないこと, ミキシングの悪い吸気ガスの

うちの酸素濃度が高い部分を選択的にサンプリングしていたことが考えられる。

石原⁴⁾は古くなった酸素ブレンダーによって FI_{O_2} が 7~10 分周期で 10% も変動した例を報告している。今回のわれわれの研究は呼吸サイクルにおける微変動を観察したものであるので, このような分単位あるいは時間単位における FI_{O_2} の変動については検討しなかった。今回の実験では FI_{O_2} の変動は \dot{V}_{O_2} の測定に対して許容範囲であったが, 代謝モニターを使用して実際の測定を行うときには, ミキシングチェインバー⁵⁾を回路に組み込む工夫をしたり, 加温加湿器を通過した後の吸気ガスをサンプリングしたほうが FI_{O_2} の微変動が少ないと思われる。また, サンプリングは呼吸ガスの混合が起こらないように Y ピースから十分離れたところが望ましい。

(1991, 6, 17 受)

文 献

- 1) Ultman JS, Bursztein S : Analysis of error in the determination of respiratory gas exchange of varying FI_{O_2} . J Appl Physiol 50 : 210-216, 1981
- 2) Takala J, Merilainen P : Handbook of gas exchange and indirect calorimetry. pp 23-24, Finland Datex 1988
- 3) Browning JA, Linberg SE, Turney SZ, et al. : The effects of a fluctuating FI_{O_2} on metabolic

measurements in mechanically ventilated patients. Crit Care Med 10: 82-85, 1982

- 4) 石原弘規, 谷岡富美男, 磯崎健一ほか：酸素ブレンダーの酸素濃度は一定か？. 日本臨床麻酔

学会雑誌 19: 308, 1989

- 5) 切田 学, 原口義座：間接熱量測定の実際とその注意点, 問題点. 集中治療 2: 47-54, 1990

ニュース

第 7 回太平洋学術中間会議開催のお知らせ (VII Pacific Science Inter-Congress)

会 期：平成 5 年 6 月 27 日（日）～7 月 3 日（土）

会 場：沖縄県（宜野湾市，那覇市）

詳細は下記にお問合せ下さい

第 7 回太平洋学術中間会議事務局

（琉球大学庶務部国際主幹室内）

〒 903-01 沖縄県西原町字千原 1 番地

TEL: 098 (895) 2221 内線 2126, 2027