

□短報□

停電およびガス供給圧低下が人工呼吸器に及ぼす影響

藤林哲男* 原田 純** 後藤幸生**

ABSTRACT

The influence of electric power failure and gas supply pressure fall on ventilator function

Tetsuo FUJIBAYASHI*, Jun HARADA**, Yukio GOTO**

* ICU, Fukui Medical School

** Department of Anesthesiology and Reanimatology, Fukui Medical School

We studied the influence of electric power failure and gas supply pressure fall on ventilator function. Four ventilators (Servo 900 C[®], Bennett 7200 a[®], CV 3000[®] and CV 4000[®]) in our ICU were evaluated for the accuracy of both the concentration of oxygen and the tidal volume during individual gas supply pressure fall (air or oxygen). The concentration of oxygen and the tidal volume were measured at each established level of oxygen concentration (21, 30, 50, 70, 100%) setting on CMV (tidal volume : 500 ml, respiratory rate : 20 bpm). The function of each ventilator were also checked during simulated electric power failure. The preset ventilation was maintained until following conditions (Servo 900 C : 0.9 kg/cm², Bennett 7200 a : 1.5 kg/cm², CV 3000 : 2.6 kg/cm² and CV 4000 : 2.0 kg/cm²). All these ventilators except Servo 900 C maintained preset tidal volume even below above-mentioned level although the measured concentration of oxygen differed. CV 3000 and CV 4000 continued to function for 30 minutes during simulated electric power failure by means of internal batteries. It is recommended that ventilators should have internal batteries for accidental power failure.

はじめに

1993年4月13日午後17時34分、福井医科大学付属病院において落雷による停電事故が生じた。本学ICUでは4名の人工呼吸器装着患者(サーボ900C[®]2台、CV3000[®]とベネット7200a[®]をそれぞれ1台使用)を収容し、全ての

人工呼吸器は電源が無停電(バッテリー)電源からの供給であった。ところがCV3000のアラームのみが17時45分頃より18時5分頃まで鳴り続けた。このアラームは圧縮空気圧の低下(通常の4kg/cm²から1.5kg/cm²に降下)によるものであった。

圧縮空気の低下の原因は、本学の自家発電からの電力の供給が17時43分~18時05分(22分間)停止したことにより中央機械室の空気源装置(コンプレッサ)からの供給圧力が低下したため

* 福井医科大学付属病院集中治療部 (〒910 11 福井県吉田郡松岡町下合月23-3)

** 福井医科大学麻酔蘇生学教室

表 ガス供給圧低下時および停電時の人工呼吸器の作動状況

各種人工呼吸器	CV 3000	CV 4000	サーボ 900 C	ベネット 7200 a
圧縮空気圧の臨界圧	2.6 kg/cm ² 以下	2.0 kg/cm ² 以下	0.9 kg/cm ² 以下	1.5 kg/cm ² 以下
酸素圧の臨界圧	2.6 kg/cm ² 以下	2.0 kg/cm ² 以下	0.9 kg/cm ² 以下	1.5 kg/cm ² 以下
圧縮空気の臨界圧以下での作動状況	設定酸素濃度以上で換気続行	設定酸素濃度以上で換気続行	停止	100% 酸素で換気続行
酸素の臨界圧以下での作動状況	設定酸素濃度以下で換気続行	設定酸素濃度以下で換気続行	停止	空気で換気続行
停電時の作動状況	内蔵バッテリーで30分間作動	内蔵バッテリーで30分間作動	停止	停止

臨界圧：その圧以下では正確な酸素濃度や機械の動作を保証できない圧

であった。今回われわれは、圧縮空気供給圧の低下（停電時を想定）および酸素供給圧の低下（回路の洩れを想定）時の各種人工呼吸器 CV 3000 (IMI 社製)、CV 4000[®] (IMI 社製)、サーボ 900 C (シーメンス社製)、ベネット 7200 a (ピュリタン・ベネット社製) の酸素ブレンダーおよび換気量の正確性について検討するとともに、電源コンセントが抜けたときの人工呼吸器の作動状態について検討した。

1. 方法

(1) 各種人工呼吸器の呼吸モードを CMV とし、一回換気量 500 ml、呼吸回数 20 回/分で、各酸素濃度下 (21, 30, 50, 70, 100%) で、レギュレータを用い圧縮空気供給圧あるいは酸素供給圧を 4 → 3 → 2 → 1 → 0 kg/cm² と低下させて、酸素濃度は Anesthetic Gas Monitor Type 1304[®] (ブリュエル・ケアー社製) を用い、換気量は Halocsa[®] (フェラリス社製) を用い測定した。

(2) 電源コンセントを抜いて呼吸器の作動状態を観察した。

2. 結果 (表)

それぞれの人工呼吸器は、酸素供給圧と空気供給圧ともに所定の圧 (CV 3000 : 2.6 kg/cm², CV 4000 : 2.0 kg/cm², サーボ 900 C : 0.9 kg/cm², ベネット 7200 a : 1.5 kg/cm²) まで酸素濃度および換気量は維持された。サーボ 900 C のみが所定の空気および酸素の供給圧を下回ると換気

が中止したが、他の人工呼吸器は酸素濃度には誤差があるものの設定の換気は続いた。CV 3000 および CV 4000 は内蔵バッテリーを有し電源コンセントが抜けても、30 分間は換気が維持された。

考 察

人工呼吸器の電源は通常瞬時特別非常用電源 (バッテリー) からであるが、その供給能力 (供給時間および供給電力) にも限界があり、また停電時にはエアーコンプレッサ停止に伴う圧縮空気圧の低下も問題となる。酸素は中央配管システムによるボンベからの供給であるから、停電時に問題とはならないが、酸素ブレンダーの故障により圧縮空気から酸素側に逆流が生じ酸素濃度が低下したという事故報告¹⁾があることから、圧縮空気圧と同様に酸素圧も低下させ人工呼吸器の作動状態を検討した。

今回調べた 4 台の人工呼吸器のうちサーボ 900 C は pressure balance regulator により酸素と空気の圧を等しくさせ、それぞれのガスの通過するスリットの大きさにより酸素濃度を調節している。CV 3000 および CV 4000 はともにニードルバルブにより機械的に酸素および空気の流量を調節し酸素濃度を決定している。ベネット 7200 a のみがコンピュータにより酸素圧および圧縮空気圧を感知し、それぞれのガスのバルブの開閉の度合により酸素濃度を制御している。停電時を想定した場合、サーボ 900 C は設定酸素濃度および設定換気量が正常に作動する臨界圧が 4 台の人工呼吸器のうちで最も低く有利であったが、その圧以

下では換気が停止し、バックアップのバッテリーを有さない。ベネット 7200 a も内蔵バッテリーを有さない。CV 3000 と CV 4000 はいずれも内蔵バッテリーを有し、臨界圧は他の 2 台より高かったものの (CV 4000 は比較的低い) 動作は続けた。最近の後継モデルには内蔵バッテリーを装着するものもあり、今後メーカー側の対応を望みたい。

本稿の内容は第 15 回日本人工呼吸器学会 (名古屋, 1993) において発表した。

(1993.10.4 受)

参考文献

- 1) 村田謙二, 盛生倫夫, 浜井雄一朗, ほか: 中央配管 system の酸素濃度低下事故. 臨床麻酔 5(10): 1214-1219, 1981