

人工呼吸器の機種変更にもなう 換気量調整について

田中 誠[†] 丸田 恭子^{*} 福永 秀敏^{*}

IRYO Vol. 67 No. 11 (443-446) 2013

要 旨

患者に使用している人工呼吸器の機種を Legendair[®]から Trilogy100[®]と ACOMAmobile1000[®]に変更したところ、Legendair[®]と同じ設定条件では従量式換気において一回換気量が不足する事例が多く発生した。原因としてフロー測定の基本条件が機種ごとに異なっているためと考えられた。そこで、この3機種についてそれぞれの基本条件で一回換気量を実測したところ、±10%を超える差のある場合があることがわかった。従量式換気において機種を変更する場合には、機種ごとのフロー基本条件を確認し、換気量を実測したうえで変更する必要がある。

キーワード 人工呼吸器, 設定換気量, 機種変更, 基本条件, 換気量調整

はじめに

人工呼吸器については安全な機種を選択することが重要であり、患者の生活状態も考慮して小型の機種に変更している。今回、筋ジストロフィー患者に使用している人工呼吸器を Legendair[®]（以下 Legendair）から Trilogy100[®]（以下 Trilogy）と ACOMAmobile1000[®]（以下 ACOMAmobile）に変更したところ、Legendairと同じ設定条件にすると、従量式換気において実測一回換気量が不足する事例が多く発生した。原因としてフロー測定の基本条件が Legendairでは STP（standard conditions USA）、Trilogyでは BTPS（body temperature, pressure, and saturated）、ACOMAmobileでは ATP（ambient temperature and pressure）と機種ごとに異な

っているためと考えられた。そこで、この3機種についてそれぞれの基本条件で一回換気量を実測し、変更にもなう換気量調整について検討した。

対象・方法

対象は無作為に選定した Legendair, Trilogy, ACOMAmobile の各10台とした。換気モード=CV（Volume-controlled ventilation）、flow 波形=矩形波、換気回数=12breaths per minute:bpm の条件でテストラングに接続し、フローアナライザ（PF 300:imtmedical社）でのフロー測定の基本条件を 1. STP, 2. BTPS, 3. ATP に設定し、一回換気量を①300ml, ②500ml に設定した時の換気量を実測し平均値を算出した。また Legendair と

国立病院機構南九州病院 医療安全管理室 *同 神経内科 †臨床工学技士
別刷請求先：丸田恭子 国立病院機構南九州病院神経内科 〒899-5293 鹿児島県姶良市加治木町木田1882
e-mail: maruta@m2.dion.ne.jp

（平成24年6月20日受付，平成25年3月7日受理）

Maintaining a Similar Amount of Ventilation when Changing between Different Preset-volume Ventilators
Makoto Tanaka, Kyoko Maruta and Hidetoshi Fukunaga, NHO Minamikyusyu National Hospital, Kagoshima
(Received Jun. 20, 2012, Accepted Mar. 7, 2013)

Key Words: ventilator, preset volume, change between ventilators, standard conditions, maintaining amount of ventilation

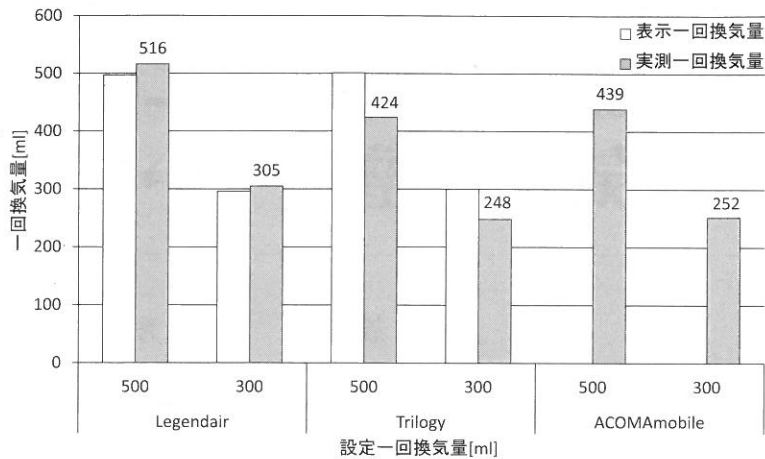


図1 STPでの実測一回換気量

Legendairの基準条件であるSTPにおける実測一回換気量は、TrilogyとACOMAmobileでは設定値の-10%以上の実測値を示した。

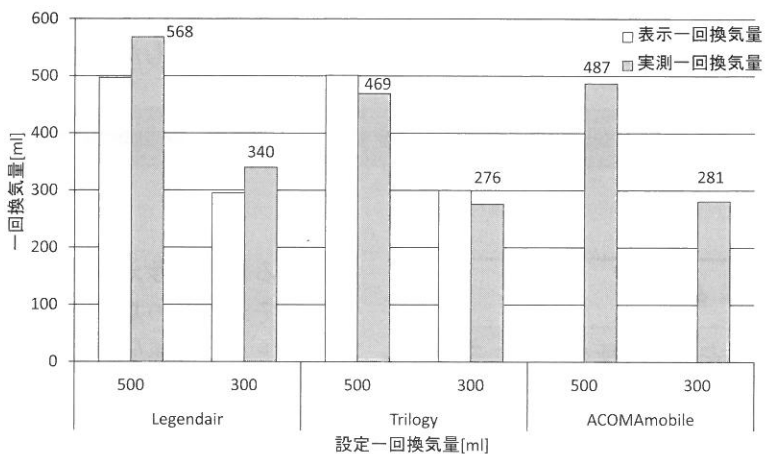


図2 BTPSでの実測一回換気量

Trilogyの基準条件であるBTPSにおける実測一回換気量は、Legendairでは設定換気量の+10%以上の実測値を示した。

Trilogyでは呼吸器本体に表示される一回換気量も記録した。なお日本工業規格によれば設定一回換気量の許容誤差範囲は $\pm 10\%$ とされている。

結 果

- Legendairの基準条件であるSTPにおける実測一回換気量は、Legendairでは300ml, 500mlのいずれの設定でも $\pm 10\%$ 以内であったが、TrilogyとACOMAmobileでは設定値の-10%以上の低値を示した。なおLegendairとTrilogyの呼吸器本体の画面上にはともに設定一回換気量に近い値が表示されていた(図1)。
- Trilogyの基準条件であるBTPSにおける実測一回換気量は、TrilogyとACOMAmobileはともに設定値の $\pm 10\%$ 以内であったが、Legendairでは設定換気量の+10%以上の値を示した。なおLegendair, Trilogyの呼吸器本体の画面上にはともに設定一回換気量に近い値が表示されていた(図2)。
- ACOMAmobileの基準条件であるATPでの実測一回換気量は、ACOMAmobileは500mlの設定では $\pm 10\%$ 以内であったが、300mlの設定において実測一回換気量が263mlと、-10%以上の低値を示した。Trilogyではいずれの設定でも-10%以上の実測値であった。Legendair

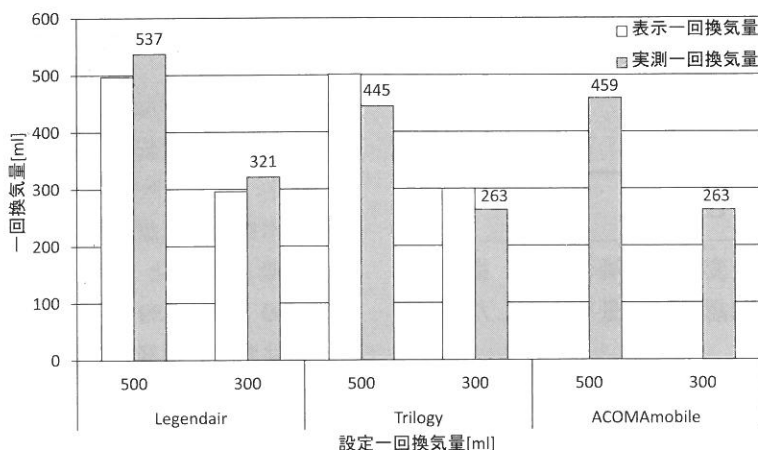


図3 ATPでの実測一回換気量

ACOMAmobileの基準条件であるATPでの実測一回換気量は、ACOMAmobileでは300ml設定時に-10%以上の実測値を示した。Trilogyは設定換気量の-10%以上の実測値であった。

では±10%以内の実測値を示した(図3)。

考 察

人工呼吸器は機種によってその基準条件が異なり、LegendairではSTP(t=21℃または273+21K, PB=大気圧760mmHg, PtH₂O=乾燥状態0mmHg), TrilogyではBTPS[body temperature(体温t=37℃または273+37K), pressure(PB=大気圧760mmHg), and saturated(37℃での飽和水蒸気圧PtH₂O=47mmHg)], ACOMAmobileではATP[ambient temperature(t=測定時の温度) and pressure(PB=測定時の気圧), 測定時の湿度]である。フローアナライザのフロー測定の場合、TrilogyとACOMAmobileではいずれも-10%以上の値になり、BTPSで実測した場合、Legendairでは+10%以上の値を示した。また、ATPで実測すると、Trilogyでは-10%以上の値であった。ATPはACOMAmobileの基準条件であるが、ACOMAmobileにおいて300ml設定時に-10%以上の値を示したことについては注意が必要である。

気体の容積を比較する場合に気圧、温度、水蒸気圧を一定にして表示する必要がある¹⁾。温度(絶対温度=T)が一定であれば、気体の体積(V)は圧力(P)に反比例し(Boyleの法則)、圧力が一定であれば気体の体積は温度に比例する(Charlesの法則)。したがって気体の体積は圧力に反比例し温度に比例することから(Boyle・Charlesの法則)、一定量の気体の圧力、体積、温度の関係は(P・V)/

T=一定になる。これに基づきSTPをBTPSに変換するには、

$$\frac{P_{STP} \cdot V_{STP}}{T_{STP}} = \frac{P_{BTPS} \cdot V_{BTPS}}{T_{BTPS}}$$

$$V_{STP} = \frac{P_{BTPS}}{P_{STP}} \cdot \frac{T_{STP}}{T_{BTPS}} \cdot V_{BTPS}$$

BTPSの条件は体温t=37℃の時の飽和水蒸気圧PtH₂O=47mmHg, PB=大気圧760mmHg, STPの条件下では温度t=21℃, PB=大気圧760mmHg, PtH₂O=乾燥状態0mmHgより

$$\begin{aligned} V_{STP} &= \frac{PB-47}{273+37} \cdot \frac{273+t}{PB-PtH_2O} \cdot V_{BTPS} \\ &= \frac{760-47}{310} \cdot \frac{273+21}{760-0} \cdot V_{BTPS} \\ &\doteq 0.89 \cdot V_{BTPS} \end{aligned}$$

したがってSTPからBTPSへ変更すると換気量が約11%減少することになる。以上から症例によってはLegendairが許容誤差範囲上限+10%で換気していた場合、同じ一回換気量の設定を行いTrilogyが許容誤差範囲下限-10%で換気されたとすると、

$$\frac{V_{BTPS}}{V_{STP}} = \frac{V \cdot 0.9}{V \cdot 1.1} \cdot 0.89 \doteq 0.73$$

最大27%の換気補正を要する。また呼吸器本体に表示される換気量は設定換気量に近い値であっても、実測換気量は多少異なることを認識しておく必要が

ある。これまで人工呼吸器のリスクについては報告されているが、機種変更におけるリスクについて検索できなかった²⁾⁻⁴⁾。

ま と め

従量式換気時に機種を変更する場合には、機種ごとのフロー基準条件を確認し換気量を実測した上で変更する必要がある。

謝辞：本研究は平成23年度厚生労働科学研究費補助金「障害者対策総合研究事業」による。

著者の利益相反：本論文発表内容に関連して申告なし。

【文献】

- 1) 宮里逸郎. 呼吸器系の検査. In: 椎名晋一, 川原徳弘, 本間伊佐子ほか. 臨床検査学講座 臨床生理学. 東京: 医歯薬出版; 2001: p203-4.
- 2) 鈴木康之. 医療事故とリスクマネジメント. 人工呼吸器管理とリスクマネジメント. 小児診療 2009; 72: 1839-46.
- 3) 福井昭二. 神経筋疾患における人工呼吸器治療のリスクマネジメント. 臨床工学技士の立場から. 医療 2002; 56: 299-301.
- 4) 林裕樹. 人工呼吸器のリスクマネジメント. 臨床工学技士と人工呼吸器のリスクマネジメント. 呼吸ケア 2005; 3: 1081-5.