

●短 報●

搬送用ベンチレータとしての TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> の性能評価

馬乗園伸一<sup>1)</sup>・知花香織<sup>1)</sup>・櫻本秀明<sup>2)</sup>・萩谷圭一<sup>3)</sup>・川上 康<sup>1)</sup>・水谷太郎<sup>3)</sup>

キーワード: 搬送, 酸素使用量, PCV, 高い PEEP 値

はじめに

近年、重症呼吸不全患者の換気様式に従圧式換気 (pressure controlled ventilation: PCV) や高い呼気終末陽圧 (positive end expiratory pressure: PEEP) を用いることが多く、このような患者の院内外搬送の機会も増加している。搬送における PEEP・持続性気道内陽圧 (continuous positive airway pressure: CPAP) の消失は、低酸素血症やショックを引き起こす可能性があり、PEEP 付加が可能で吸入酸素濃度 100% が供給できることが求められる<sup>1)</sup>。これまでの一般的な搬送用人工呼吸器は、換気モードに制限があり、高い PEEP 値の付加が困難であった。TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> (フィリップス・レスピロニクス社製, USA) は、パッシブ回路とアクティブ回路を用いて非侵襲的陽圧換気 (non-invasive positive pressure ventilation: NPPV) から挿管時使用まで、様々な換気モードと吸入酸素濃度設定が可能である。

パッシブ回路は、一般的な NPPV に使用される一本型の回路で、呼気ポートの意図的なリークにより高酸素濃度の吸入、高い PEEP 値、高気道内圧を維持するには、高流量の酸素使用が予測される。また、ライズタイム設定により吸気流量が変化し、換気圧維持に関する検討が必要であると思われる。そこで、パッシブ回路装着の TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> を閉塞性換気障害患者の院内

外搬送に用いることを想定し、高気道抵抗肺に対して高濃度酸素・PCV・高い PEEP 値で TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> を作動させた場合の設定圧と回路内圧の乖離・平均気道内圧・酸素使用量について検討を行った。

I. 方 法

1. 人工呼吸器回路モデル

Vision 加温加湿ディスポ回路をパッシブ回路として用い、PLV ディスポ回路成人用をアクティブ回路として用い、それぞれの回路を使用し TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> をテスト肺 (TTL: Michigan Instruments Inc, USA) に接続した (Fig. 1)。回路内圧の測定は、BreathLab PTS-2000<sup>™</sup> (COVIDIEN 社製, USA) を使用した。

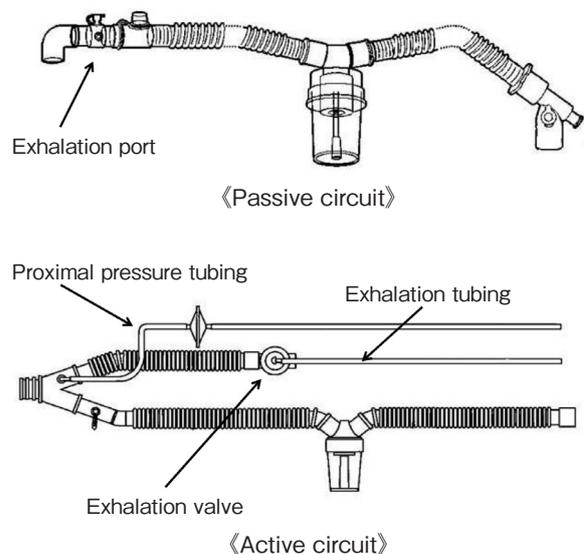


Fig. 1 Schematic view of passive and active circuit

1) 筑波大学附属病院 医療機器管理センター  
 2) 筑波大学附属病院 看護部 ICU  
 3) 筑波大学 医学医療系 救急・集中治療部  
 [受付日: 2012年10月9日 採択日: 2013年6月18日]

**Table 1 Comparison of pressure values between ventilator display and measured using passive circuit**

	Ventilator (cmH <sub>2</sub> O)	Measured (cmH <sub>2</sub> O)	P-value
Rise time : 1	24.9 ± 0.0	24.1 ± 0.0	0.002
Rise time : 3	24.5 ± 0.1	23.3 ± 0.2	0.002
Rise time : 6	23.0 ± 0.2	20.5 ± 0.2	0.002

Mean ± SD (n=6). PIP was set at 25cmH<sub>2</sub>O using passive circuits. Ventilator : Peak inspiratory pressure value shown by the Trilogy ventilator display.

Measured : Actual circuit peak inspiratory pressure measured by BreathLab PTS-2000.

## 2. 測定方法

回路内圧機器表示値と回路内圧実測値の比較は、回路内圧測定をパッシブ回路 TTL 側にコネクタを設置し、測定を行い機器表示圧との比較を行った。TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> 設定をモード : 同期型間欠的強制換気 (synchronized intermittent mandatory ventilation : SIMV)、F : 12 回 / 分、最高気道内圧 (peak inspiratory pressure : PIP) : 25cmH<sub>2</sub>O、PEEP : 15cmH<sub>2</sub>O、FiO<sub>2</sub> : 1.0、Ti : 1.0s、ライズタイムを 1、3、6 と変化させ、TTL 設定を気道抵抗 (R) : 20cmH<sub>2</sub>O/L/s、静的コンプライアンス (C) : 0.05L/cmH<sub>2</sub>O とし測定を行った。

ライズタイム設定による回路内圧変化の比較は、上記と同条件とし測定された最高気道内圧・平均気道内圧の比較を行い、圧時間曲線の観察を行った。TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> におけるライズタイムは、立ち上がり時間設定で、1 から 6 段階で設定され 1 が最も急峻で、6 が最も緩徐である。

酸素使用量の比較は、パッシブ回路とアクティブ回路を使用し、上記と同条件としライズタイムのみ 1 とした。酸素使用量を算出するために使用した酸素ボンベ容積は 3.4L (15Mpa) で、接続されている圧力計の表示値が 1 Mpa 減少するのに要した時間により、酸素ボンベ 1 本当たりの使用可能な時間算出を行った。また、酸素使用量の比較対象として、ガス駆動の搬送用人工呼吸器パラパック 200DTM (Smiths medical 社製, UK) も同様に算出を行った。パラパックは PEEP 付加が行えないため、TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup> 設定により得られた換気量 (520mL) をパラパック設定換気量とした。各測定は、それぞれ 6 回施行した。

## 3. データ解析

回路内圧機器表示値と回路内圧実測値の比較は、Mann-

**Table 2 Effect of rise time on ventilator display pressure and mean airway pressure**

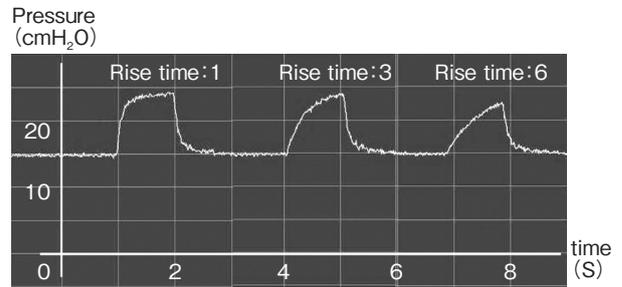
	Rise time : 1	Rise time : 3	Rise time : 6	P-value
Ventilator (cmH <sub>2</sub> O)	24.9 ± 0.0	24.5 ± 0.1	23.0 ± 0.2	<0.001
MAP (cmH <sub>2</sub> O)	15.8 ± 0.1	15.4 ± 0.1	15.1 ± 0.0	<0.001

Mean ± SD (n=6). PIP was set at 25cmH<sub>2</sub>O.

Ventilator : Peak inspiratory pressure value shown by the Trilogy ventilator display.

MAP : mean airway pressure measured by BreathLab PTS-2000

\* P=0.006



**Fig. 2 Effects of rise time on pressure-time curves (passive circuit)**

Ventilator settings were peak inspiratory pressure 25cmH<sub>2</sub>O, PEEP 15cmH<sub>2</sub>O, and inspiratory time 1.0s.

Whitney U-test で検定を行い、ライズタイム変化による機器表示値の比較、平均気道内圧の比較、酸素ボンベ使用可能時間の比較は Kruskal Wallis H-test を行った後、ボンフェローニ補正 Mann-Whitney U-test を行った。それぞれ有意水準を P<0.05 をもって有意差ありとした。統計処理については、SPSS 21 を使用した。

## II. 結 果

### 1. 回路内圧機器表示値と回路内圧実測値の比較

パッシブ回路使用時、回路内圧実測値はライズタイム 1 でも設定圧 25cmH<sub>2</sub>O に達していなかった。また、機器表示値と回路内実測値には有意差が見られた (Table 1)。

### 2. ライズタイム設定による回路内圧変化

ライズタイムの変化により機器が表示する最高気道内圧、平均気道内圧には有意差が観察された (Table 2)。圧時間曲線の変化は、ライズタイム 1 を除いて圧力波形の立ち上がりが緩徐であった (Fig.2)。

**Table 3** Differences in duration that a 3.4 l oxygen cylinder can drive the ventilator

	TrilogyO <sub>2</sub> <sup>®</sup> (passive)	TrilogyO <sub>2</sub> <sup>®</sup> (active)	paraPAC	P-value
Time (min)	19.6 ± 2.4	35.0 ± 2.4	69.8 ± 2.5	0.001

Mean ± SD (n=6). \* P=0.006

### 3. 酸素使用量の比較

酸素ボンベ1本当たりの使用可能な時間には有意差が認められ、パッシブ回路では、約20分程度しか使用できなかった (Table 3)。

## Ⅲ. 考 察

パッシブ回路は、患者近傍に圧モニタラインを持たず、機器側から回路内圧を測定する仕組みである。機器表示圧は、ライズタイムが緩徐であるほど設定圧からの乖離が大きく、ライズタイムを緩徐に設定する場合には、機器表示圧の観察が重要である。しかし、回路内圧実測値は常に機器表示圧より低く、ライズタイム1程度では臨床的な差はないと考えられるが、ライズタイム6では設定圧と回路内実測値に約4.5cmH<sub>2</sub>Oの差があり、換気量減少の可能性がある。回路内圧が設定圧に達していなくても機器表示圧は、設定圧に近い値を示すことにも注意しなければならない。

また、ライズタイム変化により、平均気道内圧にも有意差が観察された。これは、吸気相における気道内

圧上昇の違いによるが、圧力差が最大でも0.7cmH<sub>2</sub>Oと小さく臨床的な影響は少ないと思われる。しかし、ライズタイム設定により換気量に変化する可能性があるため注意が必要である<sup>2,3)</sup>。

酸素使用量は、これまでの一般的な搬送用人工呼吸器パラパックと比較すると約3.5倍あり、酸素ボンベ1本では院内搬送程度の時間しか使用できないが、アクティブ回路を使用することで酸素使用の抑制が可能となる。

## Ⅳ. 結 語

TrilogyO<sub>2</sub><sup>®</sup>パッシブ回路使用時、換気量低下を防止するためにはライズタイムを急峻に設定する必要がある。高濃度酸素・高いPEEP値の場合、パッシブ回路を使用すると酸素使用量が多く長時間の搬送には不適と考えられ、アクティブ回路の使用が推奨される。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

### 参考文献

- 1) Chang DW : AARC Clinical Practice Guideline : in-hospital transport of the mechanically ventilated patient—2002 revision & update. *Respir Care*. 2002 ; 47 : 721-3.
- 2) Gonzales JF, Russian CJ, Gregg Marshall S, et al : Comparing the effects of rise time and inspiratory cycling criteria on four different mechanical ventilators. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 ; 183 : A1704.
- 3) Hess DR : Ventilator waveforms and the physiology of pressure support ventilation. *Respir Care*. 2005 ; 50 : 166-86.