非侵襲的陽圧換気用ヘルメット型インターフェースCASTAR“R”自体が持つコンプライアンスによって発生する換気量について

福島 克也*¹ 高橋誠一郎*¹ 三浦 正善*² 西中 徳治*²

*¹ 健和会大手町病院臨床工学センター, *² 同 救急科 (〒803-8543 福岡県北九州市小倉北区大手町15-1)

Key words: ①ventilator, ②noninvasive positive pressure ventilation, ③compliance

はじめに

当院では非侵襲的陽圧換気 (noninvasive positive pressure ventilation, NPPV) を用いる際のインターフェースとしてヘルメット型マスクCASTAR“R” (StarMed, Italy) を使用している。NPPVを使用する際には様々な問題が発生するが、CASTAR“R”については、それ特有の問題が発生した。その1つはCASTAR“R”を固定する際に用いるストラップによる腋下の過剰圧迫、もう1つは人工呼吸器に表示された1回換気量と実際に患者が換気している量とに差があるように思われる事例を経験することである。ストラップによる過剰圧迫は、固定方法などを工夫することで軽減されている。しかし、換気量については、問題解決に至っていない¹⁾²⁾。

目 的

CASTAR“R”の大半にポリ塩化ビニルが使用されていること、使用する換気モードは持続性気道内陽圧呼吸 (continuous positive airway pressure breathing, CPAP)、圧支持換気 (pressure support ventilation, PSV) や従圧的換気 (pressure controlled ventilation, PCV) であるが、当院ではCPAP療法での使用は少なく、ほとんどがPSVやPCVでの使用であることで、CASTAR“R”自体がもつコンプライアンスによって

換気が発生し、その換気量に患者の換気量を足したものが、人工呼吸器に表示されているのではないかと考えた。そこで、換気量を正しく評価するためにCASTAR“R”の圧-容量曲線を測定した。

方 法

CASTAR“R”の圧-容量曲線を算出するために、CASTAR“R”の開口部を完全に閉鎖した閉回路を作製し、その側管より大容量シリンジにて段階的に空気を挿入し回路内圧を測定する。測定開始時のCASTAR“R”は膨らんだ状態で、回路内圧は1 cmH₂Oとする。測定するサイズはS, M, Lの3種類とし、測定回数は同一サイズのCASTAR“R”で各10回行い、3種類の合計30回行う。圧力測定は、Certifier® FA plus (TSI, USA) を用いた。

結 果

閉鎖したCASTAR“R”に容量を段階的に注入し回路内圧を測定した結果をサイズごとに平均を取ったものをプロットするとFig. 1のようになった。圧-容量曲線はS, M, L全てのサイズにおいて、ほぼ一次傾向曲線を描き、3,000 ml注入時に回路内圧は20 cmH₂O付近を示した。

A study of ventilatory volume generated by the compliance of helmet type interface CASTAR “R” for noninvasive positive pressure ventilation

Katsuya Fukushima*¹, Seiichirou Takahashi*¹, Masayoshi Miura*², Tokuji Nishinaka*²

*¹ Clinical Engineering Center, *² Emergency Department, Kenwakai Ootemachi Hospital (15-1 Ootemachi, Kokurakita-ku, Kitakyushu, Fukuoka 803-8543, Japan)

J Jpn Soc Intensive Care Med 2014;21:367-368.

Fig. 1 The circuit internal pressure volume curve of all the sizes

考 察

CASTAR “R” を使用する際、人工呼吸器に表示される換気量が実際に患者自身の換気量よりも多く表示される事例を経験する。この原因は、材料のほとんどがポリ塩化ビニルである複合材料であるため、CASTAR “R” 自体で換気が発生し²⁾、その換気量に患者の換気量を足したものが人工呼吸器に表示されているからと考えられる。そのため、本実験で測定した圧－容量曲線より算出したCASTAR “R” 自体の換気量を用いることで、患者の換気量を推測することができる。

CASTAR “R” の材料のほとんどがポリ塩化ビニルであるため、圧－容量曲線はポリ塩化ビニルの応力－ひずみ曲線のように素材が破断するまで、直線を描くと考えられる³⁾。そこで、Fig. 1に描かれた圧－容量曲線を一次傾向曲線として解析することで、人工呼吸器に表示された換気量を参考に人工呼吸器管理が行えらる。CASTAR “R” の構造上のサイズによる違いは開口部の大きさのみであり、そのほかの寸法は同じである。また、測定値はMとLサイズはほぼ同じ傾向を示しているが、Sサイズのみ15 cmH₂Oまでやや容量が低く出ている。しかし、最大の差が10%ほどであるためサイズによるコンプライアンスの違い

はほとんどないと考えた。

Fig. 1の近似式を算出すると以下のような式になる。

$$V = 144.8P - 95.2 \quad R^2 = 0.98$$

V：容量 (ml) P：圧力 (cmH₂O)

$R^2 = 0.98$ であるため、非常に相関があるといえる。ここで示す圧力は最高気道内圧にあたり、PC圧またはPS圧にPEEPを足したものに当たる。この計算式より算出した換気量を表示されている換気量から引くことで、実際の患者の換気量を算出できると考えられる。

結 語

CASTAR “R” はNPPVを行う際のインターフェースとして様々な利点を有している。しかし、管理するにあたっていくつかの問題点がある。その1つである換気量は、CASTAR “R” 自体のコンプライアンスによって発生する換気量と実際に患者が換気した換気量を合わせたものが人工呼吸器に表示されるため、管理する際に問題が生じる恐れがあった。しかし、今回算出した近似式を利用することで、今まで参考にならなかった換気量が人工呼吸器管理の指標の1つとできることは、管理を行うにあたって有用であると考えられる。

本稿の要旨は、第38回日本集中治療学会学術集会 (2011年、横浜) において発表した。

本稿の全ての著者には規定されたCOIはない。

文 献

- 1) 財津昭憲, 手塚麻里子, 大石絵未. Helmet型マスクの時代は来るか? 日集中医誌 2009;16:429-32.
- 2) 西田賀津子, 菊池幸太郎, 原田佳実, 他. NPPV用ヘルメット型マスクCASTAR “R” の使用経験. ICUとCCU 2011;35:497-501.
- 3) 堀野正俊. 材料力学入門. 東京: 理工学社; 2010. p. 20-41.

受付日 2011年12月14日
採択日 2013年10月25日