

□ 原 著 □

閉鎖式吸引回路使用時の Evita™ の Auto Flow® 機能の検証

阿川 英訓 *

Abstract

Validation of the Auto Flow® function of Evita™ when using a closed suctioning system

Hidegori Agawa

Department of Clinical engineering, Kitajima-taoka Hospital, 30-1 Taihama, Kitajima-cho, Itano, Tokushima 771-0204, Japan

Auto Flow® is a new ventilation mode of Dräger Evita™. The inlet flow is automatically adjusted by the preset tidal volume and current compliance of the lung, and the tidal volume is always supplied with a minimum pressure. Thus far, no evaluation of the Auto Flow® function has been demonstrated when using a closed suctioning system. The author compared the Auto Flow®, volume control ventilation (VCV), and pressure control ventilation (PCV) for validity when using a closed suctioning system. In all modes, the suctioning pressure (-20 kPa or -30 kPa) was applied in combination with the two closed suctioning catheters (12 Fr or 14 Fr in size). The pressure data were collected from the lung model (TTL) and then were analyzed using the Pneu View® analysis software program. The data derived from Pneu View® were then compared. When a low suctioning pressure (-20 kPa) was applied through a small catheter (12 Fr), the model lung maintained a positive end-expiratory pressure (PEEP) in all modes. When a higher pressure or a larger catheter was used, then the PEEP in the lung model showed a decreased VCV and Auto Flow® in comparison to PCV. The combination of a large catheter (14 Fr) and a higher suctioning pressure (-30 kPa) resulted in a loss of PEEP in the VCV. These results proved that PCV was superior to both Auto Flow® and VCV when using a closed suctioning system. However, when a higher suctioning pressure and a large suction catheter were used, the Auto Flow® worked better than VCV.

はじめに

近年の人工呼吸器及び関連した医療技術は、目覚しく進歩している。これら最新の機器や器具を用い、正しい知識と技術に基づいて安全に人工呼吸管理を行うことは、呼吸療法に携わる者の使命であり義務といえる。安全でよりよい人工呼吸管理を目的として、当院でも閉鎖式吸引回路の導入の検討や、最近の肺保護戦

略のひとつである低容量換気の実践と、最高気道内圧を出来るだけ低くしながら設定した一回換気量が保障できるということで、Evita™ (Dräger Medical, Lueck, Germany) の Auto Flow® 機能を積極的に使用している。閉鎖式吸引回路の導入の利点は¹⁾、吸引操作が一人で短時間に行え、飛沫による曝露の防止や院内感染の予防につながる事や^{2) 3) 4)}、人工呼吸中の呼気終末陽圧 (positive end-expiratory pressure: 以下 PEEP) の低下を最小限に抑えられる事と考えられている⁵⁾。また、最近の人工呼吸器には、新しい換気様式や機能が次々開

* きたじま田岡病院 臨床工学科

発され、搭載しているが、多機能がゆえに混乱をきたし、その性能を十分に活用しているとはいえない。その中で、Evita™のAuto Flow®は、volume control ventilation (VCV) に設定できる簡単な機能のため、臨床現場では受け入れやすい傾向である。

閉鎖吸引回路を使用する場合の至適な設定などは、未だ統一された見解が出されていないが、換気様式では、VCVよりpressure control ventilation (PCV)の方がPEEPの維持に優れているとされる⁶⁾。しかし閉鎖式吸引回路にEvita™のAuto Flow®を使用した場合について検証した研究は見当たらない。筆者は閉鎖式吸引回路を用いた人工呼吸器管理で、新しい換気様式であるAuto Flow®を、VCVやPCVと、モデル肺内圧変化について比較し、その機能の有効性について検討したので報告する。

対象と方法

本研究実験は、in vitro (モデル肺) 実験とし、測定されたすべての数値は、使用された呼吸モニターの解析ソフトから演算された値である。

次に、実験システムの構成を示す。人工呼吸器は、Evita 2 dura™ (以下 Evita) を使用した。呼吸回路は2本のスムーズボア呼吸回路 (内径 22 mm、長さ 110 cm) と Y ピースからなり、次に閉鎖式吸引カテーテル、気管チューブ、モデル肺へと接続した (図 1)。

比較の為に閉鎖式吸引カテーテル (エコキャス、日本シャード) は、2種類 {12 Fr (外径 4.0 mm)、14 Fr (外径 4.7 mm)} を用い、内径 8.0 mm の気管チューブ (Mallinckrodt Medical, Athlone, Ireland) に挿入された。吸引中のカテーテル挿入深度は、閉鎖式吸引カテーテル上の目盛 (30 cm) が、気管チューブ上の目盛 (30 cm) に合致した点 (チューブの先端が一致している点) で維持し、モデル肺 (TTL, MODEL3600i, Michigan Instruments, inc. USA: 以下 TTL) から、比較のため2種類の圧 (-20 kPa、-30 kPa) に設定された吸引器 (TYPE S501、小池メディカル) により、吸引が行なわれた。挿入から吸引操作の実行、カテーテルの完全な引き戻しまでの一連の操作は 15 秒以内とし、吸引実行時間は 7 秒とした⁷⁾。

すべてのパラメータの測定場所は、TTL 内とし、

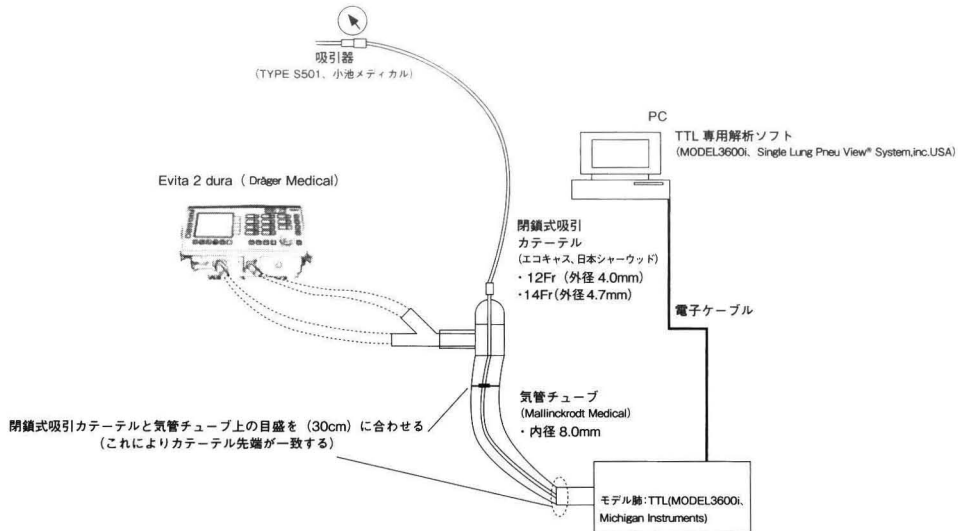


図1 実験設定

2種類の圧 (-20kPa、-30kPa) と、2種類の閉鎖式吸引カテーテル (12Fr、14Fr) を使用して、4グループ化 (G-1; 吸引圧: -20kPa、カテーテル: 12Fr、G-2; 吸引圧: -30kPa、カテーテル: 12Fr、G-3; 吸引圧: -20kPa、カテーテル: 14Fr、G-4; 吸引圧: -30kPa、カテーテル: 14Fr) した。人工呼吸器の換気モードは、a) VCV (Evitaではintermittent positive pressure ventilation assisted: IPPV assist)。b) PCV (Evitaではbiphasic positive airway pressure assisted: BIPAP assist)。c) Auto Flow® (VCVにAuto Flow®を稼働させた。) の3種類の換気モードを選択し、全てのグループと換気モードで閉鎖式吸引中のTTL内の圧や流量を測定し、専用ソフト (Pneu View®) を使い解析処理をした

TTL 専用解析ソフト (MODEL3600i、Single Lung Pneu View® System, inc. USA: 以下 Pneu View®) を使用して、吸引前 3 呼吸から、吸引操作中、終了後引き戻し後 5 呼吸を一測定とし、リアルタイムに記録を行った。

TTL の設定は、静的コンプライアンス (Cst) :40 ml/cmH₂O、気道抵抗 (R) :5 cmH₂O/L/s、Reference System: normal temperature pressure dry (NTPD) ; 気温 :20 °C、大気圧 :760 mmHg、とした。TTL はモデル肺内部の圧力を直接測り、電気的インターフェースモジュールを通じて 10 msec のサンプリング間隔で、圧力信号をデジタル信号に変換しパソコン内に取り込み Pneu View® で解析処理された。今回、TTL 内の最大吸気位の圧を、最大吸気圧 (maximum inspiratory pressure: 以下 MIP) として採用した。

3 種類の人工呼吸器の換気モードは、a) VCV{Evita では intermittent positive pressure ventilation assisted (IPPV assist) }、b) PCV{Evita では biphasic positive airway pressure assisted (BIPAP assist) }、c) Auto Flow® とし、各換気モードの条件を以下に設定した。

- a) VCV; 一回換気量 :400 ml、呼吸回数 :10 回、PEEP:10 cmH₂O、吸気時間 :1.0 秒、吸気流量 :一回換気量 ÷ 吸気時間に相応する値、トリガー感度 :3 L/分。
- b) PCV; 吸気圧 :VCV の MIP に相応する圧を 3 つの設定値 (20、19、18 cmH₂O) から最も近似するものを選択、呼吸回数 :10 回、PEEP:10 cmH₂O、吸気時間 :1.0 秒、トリガー感度 :3 L/分。
- c) Auto Flow®; 一回換気量 :400 ml、呼吸回数 :10 回、PEEP:10 cmH₂O、吸気時間 :1.0 秒、Auto Flow®:ON、トリガー感度 :3 L/分。

また、2 種類の閉鎖式吸引カテーテルのサイズと吸引圧を組合せて、以下の 4 グループに分けた。すなわち、グループ -1 (G-1) :12 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -20 kPa の吸引圧、グループ -2 (G-2) :12 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧、グループ -3 (G-3) :14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -20 kPa の吸引圧、グループ -4 (G-4) :14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧とした。また、吸引の開始は、3 種類の換気モード (VCV、PCV、AutoFlow®) すべてで呼気相からとし、換気モードとグループの変更毎に TTL と Pneu View® のキャリブレーションを実行した。

測定項目は、TTL から Pneu View® で解析処理された MIP 値、吸引カテーテル挿入前の TTL 内の PEEP (P 点圧) 値、吸引中の TTL 内の最小 PEEP (Q 点圧) 値、P 点圧から Q 点圧の差 :変化値 (H) とした。

なお、強制吸気時の気道内圧が、従量式と従圧式換気モードの間で閉鎖式吸引開始前に差が無いようにするために、PCV と VCV の MIP の差が最も小さくなる PCV の吸気圧設定を 3 種類の設定値 (20、19、18 cmH₂O) から 1 つ選択し、3 つの換気モードの設定が決定した後、上記パラメータを測定した。

波形は、Pneu View® から印刷された記録波形を、Canon 社製スキヤナー (Cano Scan Lide40) で Microsoft 社製の Windows コンピュータに取り込み、Microsoft 社製表計算ソフト Excel2003® のシートに、Time Scale (12 秒) を合わせて、それぞれの波形を貼付した。

データは、すべてのグループと換気モードでそれぞれ 6 回測定し、結果はすべて平均 ± 標準偏差で表した。収集したデータから、吸引カテーテル挿入前の TTL 内の PEEP (P 点圧) 値は正規性の検定を行った。また各グループにおける換気モード間の変化値 (H) の比較は、一元配置分散分析 (one-way factorial ANOVA) で行い、有意差を認めた場合は post-hoc test に Tukey-Kramer 法で検定し、いずれも p<0.01 を統計学的有意水準とした。

結 果

1) VCV、PCV 換気モード設定

- ① VCV 換気モードの吸気流量値は、{一回換気量 (400 ml) ÷ 吸気時間 (1 秒) =24 L/分} より、Evita の設定下限値、(吸気流量 :26 L/分) を採用した。
- ② PCV の吸気圧設定は、3 つの設定値のうち VCV の MIP と平均値差が最も少ない 18 cmH₂O (平均値差 :-0.410、vs VCV)) を採用した。(表)

2) 各換気モードの波形

G-1、G-2、G-3 では、閉鎖式吸引回路を使用することで、全ての換気モードで 7 秒間の吸引操作により、TTL 内はフロートリガーされた人工呼吸器から、連続した 4 から 5 サイクルの送気ガス量で、TTL 内は大気圧以上の PEEP が維持された。次に、各換気モード (VCV、PCV、Auto Flow®) における 12 Fr 閉鎖式吸引カテーテルで -20 kPa の吸引圧 (G-1) の TTL 内

表 VCV と Auto Flow[®]、各 PCV の MIP 値の平均値比較

換気モード	MIP(Mean±SD)	平均値差 (vs VCV)	
VCV	18.98±0.025		
Auto Flow [®]	19.05±0.017	0.077	**
PCV(20)	20.35±0.013	1.375	**
PCV(19)	19.48±0.026	0.502	**
PCV(18)	18.57±0.030	-0.410	**

単位 : cmH₂O n=24 ** : p<0.01 vs VCV

PCV() : PCV 換気モード (吸気圧値)、MIP : 最大吸気圧、Mean : 平均値、SD : 標準偏差。

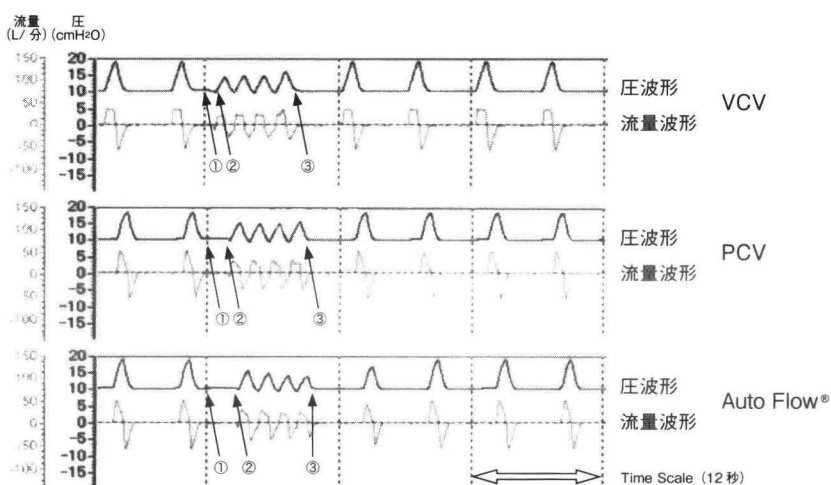


図 2 G-1 (閉鎖式吸引カテーテル: 12Fr, 吸引圧: -20kPa) での、閉鎖式吸引中の各換気モードの代表的な (気道内) 圧波形および流量波形は、Pneu View[®] からシミュレートされた記録波形をコピーし、Excel シートに貼付した。図の矢印で示した数字は、①: 閉鎖式吸引カテーテル挿入、②: 吸引開始、③: 吸引終了を表す。各換気モードとも閉鎖式吸引で Evita からフロートリガーされた送気により、TTL 内は十分な PEEP を保っていた。Auto Flow[®] は、吸引中には一呼吸毎に吸気圧および吸気呼気流量は漸減し、逆に吸引後には一呼吸毎に吸気圧および吸気呼気流量は漸増する現象が観察され、一回換気量が設定換気量に復するまでに吸引終了後最大 3 呼吸を必要とした。

の代表的な (気道内) 圧波形および流量波形 (図 2) と、14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧 (G-4) の TTL 内の代表的な (気道内) 圧波形を示す。14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧 (G-4) では、閉鎖式吸引により VCV は吸引開始後約 4 秒後に TTL 内のガス量が無くなり、(気道内) 圧波形は測定範囲の -20 cmH₂O から逸脱し測定不能になっ

たが (×点)、Auto Flow[®] と PCV は吸引中の TTL 内の PEEP は大気圧以上に維持された。Auto Flow[®] はどのグループでも、吸引中には一呼吸毎に吸気圧および吸気呼気流量は漸減し、逆に吸引後には一呼吸毎に吸気圧および吸気呼気流量は漸増する現象が観察され、一回換気量が設定換気量に復するまでに吸引終了後最大 3 呼吸を必要とした。また、図に吸引カテーテル挿入

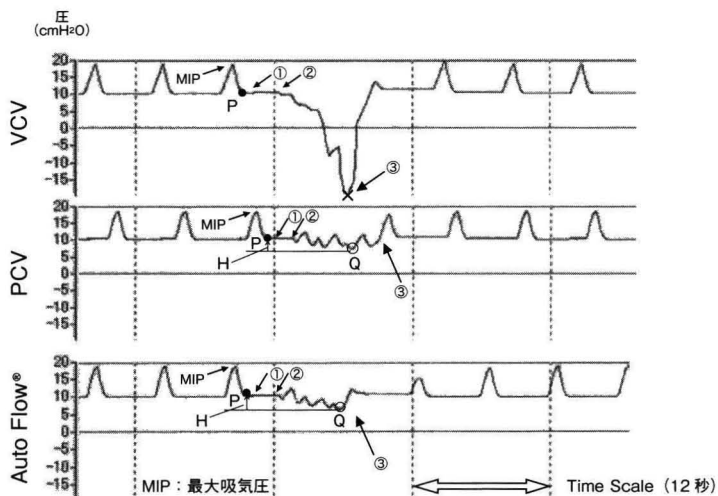


図3 G-4（閉鎖式吸引カテーテル：14Fr、吸引圧：-30kPa）の閉鎖式吸引中の各換気モードの代表的な（気道内）圧波形
 図の矢印に示した英数字は、①：閉鎖式吸引カテーテル挿入、②：吸引開始、③：吸引終了を、Pは、P点圧：吸引カテーテル挿入前の TTL 内の PEEP 値（●点）、Qは、Q点圧：吸引中の TTL 内の最小 PEEP 値（○点）、HはP点圧とQ点圧の差（変化値）を表す。また、閉鎖式吸引により VCV では、吸引開始後約4秒後に、TTL 内のガス量がなくなり、（気道内）圧波形は測定範囲の -20 cmH₂O を逸脱し、測定不能になった（×印）。Auto Flow[®] と PCV は、Evita からフロートリガーされた送気により、TTL 内は大気圧以上の PEEP を保っていた。Auto Flow[®] は、吸引中には一呼吸毎に吸気圧は漸減し、逆に吸引後には一呼吸毎に吸気圧は漸増する現象が観察され、一回換気量が設定換気量に復するまでに吸引終了後最大3呼吸を必要とした。波形は、Pneu View[®] からシミュレートされた記録波形をコピーし、Excel シートに貼付した。

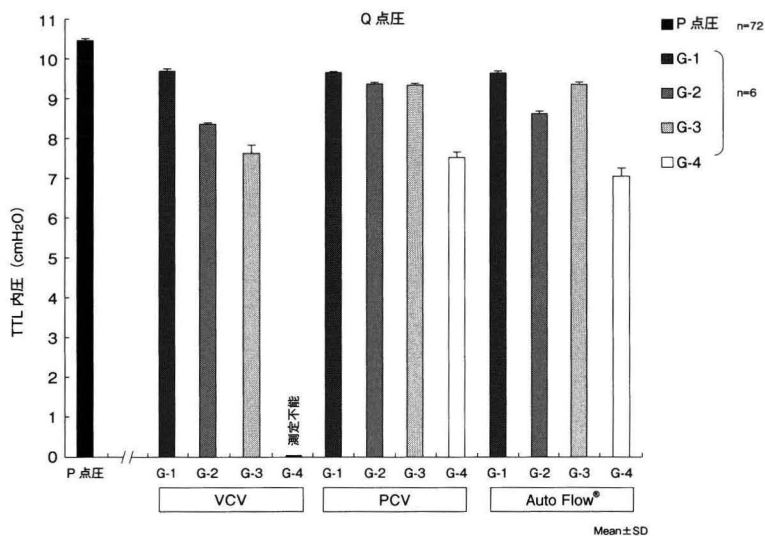


図4 P点圧と、各換気モードにおけるグループ別 Q点圧の平均値
 G-1：12Frの閉鎖式吸引カテーテルと-20kPaの吸引圧、G-2：12Frの閉鎖式吸引カテーテルと-30kPaの吸引圧、G-3：14Frの閉鎖式吸引カテーテルと-20kPaの吸引圧、G-4：14Frの閉鎖式吸引カテーテルと-30kPaの吸引圧。P点圧：吸引カテーテル挿入前の TTL 内の PEEP 値、Q点圧：吸引中の TTL 内の最小 PEEP 値。

前の P 点圧 (●点) と吸引中の Q 点圧 (○点)、その差 : 変化値 (H) を示した (図 3)。

3) P 点圧の平均値

閉鎖式吸引カテーテル挿入前の P 点圧の平均値は (10.44±0.05 cmH₂O、n=72) であり、検定により正規分布とみなせた (p=0.0103)。

4) 各換気モードにおけるグループ別 Q 点圧

吸引中の Q 点圧の平均値 (cmH₂O、各グループ n=6) は、それぞれ VCV (G-1) : (9.69±0.05)、VCV (G-2) : (8.34±0.04)、VCV (G-3) : (7.64±0.19)、VCV (G-4) : (測定不可)、PCV (G-1) : (9.63±0.02)、PCV (G-2) : (9.34±0.03)、PCV (G-3) : (9.45±0.02)、PCV (G-4) : (7.47±0.14)、Auto Flow[®] (G-1) : (9.60±0.04)、Auto Flow[®] (G-2) : (8.58±0.08)、Auto Flow[®] (G-3) : (9.32±0.06)、Auto Flow[®] (G-4) : (7.03±0.18) であった (図 4)。

5) 各換気モードでの閉鎖式吸引カテーテルのサイズと吸引圧との関係 (図 5)

G-1 (12 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -20 kPa の吸引圧を使用) における H の平均値は、それぞれ VCV (0.74±0.06 cmH₂O)、PCV (0.79±0.05 cmH₂O)、Auto Flow[®] (0.81±0.04 cmH₂O) であり、各換気モードの間に有意差を認めなかった。

G-2 (12 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧を使用) における H の平均値は、それぞれ VCV (2.06±0.05 cmH₂O)、PCV (1.09±0.06 cmH₂O)、Auto Flow[®] (1.88±0.09 cmH₂O) であり、VCV と Auto Flow[®]、PCV と Auto Flow[®]、VCV と PCV のそれぞれの間に有意差を認めた (p<0.01)。

G-3 (14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -20 kPa の吸引圧を使用) では、H の平均値は、それぞれ VCV (2.74±0.18 cmH₂O)、PCV (1.06±0.06 cmH₂O)、Auto Flow[®] (1.19±0.06 cmH₂O) であった。PCV と Auto Flow[®] の間に有意差はなく、VCV と Auto Flow[®] の間、および VCV と PCV の間に有意差を認めた (p<0.01)。

G-4 (14 Fr の閉鎖式吸引カテーテルと -30 kPa の吸引圧を使用) では H の平均値は、それぞれ VCV (測定不可)、PCV (3.01±0.14 cmH₂O)、Auto Flow[®] (3.50±0.17 cmH₂O) であった。PCV と Auto Flow[®] の間には有意差を認め (p<0.01)、VCV と他の換気モードとの間の比較はできなかった。以上より、閉鎖式吸引カテーテルのサイズと吸引圧との組合せによっては、換気モード間で PEEP の低下に有意差が見られた。

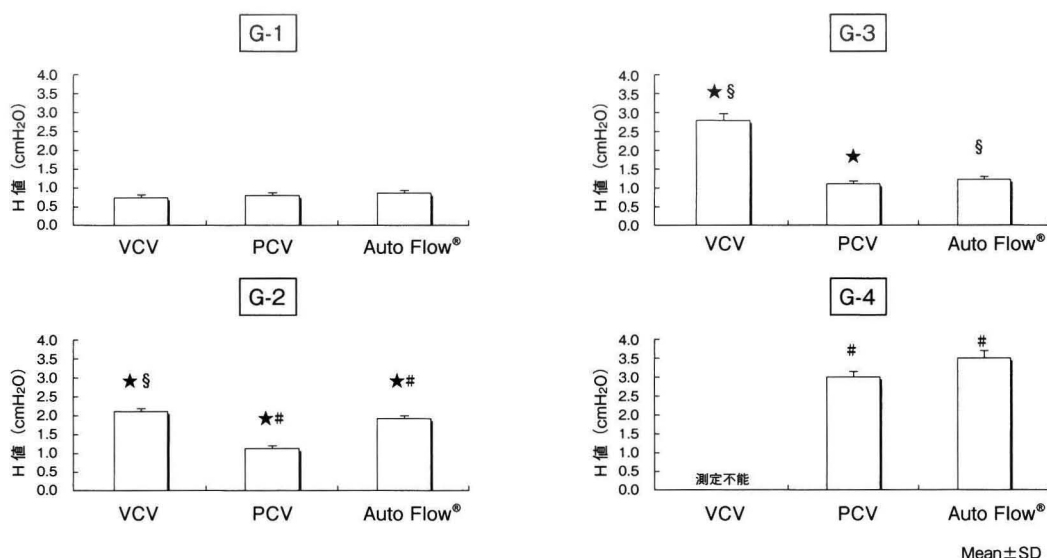


図 5 グループ別、各換気モードにおける H 値の比較

★ : VCV vs PCV (p < 0.01)、§ : VCV vs Auto Flow[®] (p < 0.01)、# : PCV vs Auto Flow[®] (p < 0.01)。H 値は、P 点圧 : 吸引カテーテル挿入前の TTL 内の PEEP 値、と Q 点圧 : 吸引中の TTL 内の最小 PEEP 値、の差 (変化値)。

考 察

現在、Auto Flow[®] は、Dräger 社製 Evita XL、Evita 4 と Evita 2 dura、Savina (Evita 2 dura と Savina はオプション) に装備されている。制御方式は、VCV と PCV の 2 種類の制御を組み合わせた換気方式であり、気道内圧を制御しつつ設定された一回換気量を保とうとする強制換気を送る。設定項目で、一回換気量、呼吸回数、吸気時間を決めると、人工呼吸器が患者の肺コンプライアンス、気道抵抗から、吸気圧レベルを演算し自動設定することにより、圧制御型の換気で擬似的に量換気を提供する⁸⁾。同様の機能は他社の機種にも搭載されており、圧制御従量式換気 : pressure regulated volume control (PRVC) と命名されている。Evita の Auto Flow[®] の特長は、“PRVC 換気モード”のように独立した選択換気モードとして位置づけしているのではなく、controlled mechanical ventilation (CMV) や synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV)、mandatory minute volume ventilation (MMV) に ON 入力する付加併用機能としている点で、人工呼吸器の使用に不安を覚えるスタッフには便利な機能である。一方、Auto Flow[®] の稼働中には換気量が不安定になる現象が認められる。とくに閉鎖式吸引方式の気管吸引を Auto Flow[®] 下を実施すると、吸引終了後に減少していた一回換気量が徐々に増加する。この現象は今回の検討でも再現され、閉鎖式吸引で一時的に上昇したモデル肺コンプライアンスが吸引後に回復する過程で一回換気量を保証しようとする吸気圧制御機構が働くことによる。この制御は 1 回前の換気から最大 $\pm 3 \text{ cmH}_2\text{O}$ の幅で圧調整を行うために一回換気量の漸増・漸減が生じると考えられる。ただし、この間の強制換気は設定した換気量が維持できないことになり、一回換気量が設定どおり供給されないという問題点がある。

次に、気流抵抗は Hagen Poiseuille の式に従うと、流速と、管の長さ、ガスの粘性に比例し、チューブの内径の 4 乗に反比例する。しかしこれは直線のチューブで気流が層流の場合のみ当てはまる。一方、乱流では、気体の粘性とは関係がなくなり、流速の 2 乗、気体密度とチューブの長さに比例し、直径の 5 乗に反比例する。例えば、内径 8.0 mm の気管チューブに 14 Fr (外径 4.7 mm) の閉鎖式吸引カテーテルを挿入して吸気流量 26 L/分の空気 (20℃) を流した場合では、層流、

乱流を規定する無次元数である Reynolds 数は 5680 の値を示し、層流から乱流への成分の切り替わりを示す数値 (2000 ~ 2500) を上回り、乱流を呈する。したがって、チューブの内径の低下と流速の増加は、気管チューブの抵抗を著しく増加させることがわかる⁹⁾。また、TTL の Cst を 40 ml/cmH₂O に設定した場合、VCV と Auto Flow[®] は、一回換気量 (400 ml) の強制換気によって吸気終末の気道内圧は 10 cmH₂O 上昇するが、PEEP (10 cmH₂O) を加えると計算上 MIP は 20 cmH₂O の圧になり、PCV の吸気圧 (20 cmH₂O) と同じになるはずである。しかし、各換気モードの TTL 内での MIP の結果 (表) から、肺および気道内圧に相当する MIP は VCV と Auto Flow[®] で低く、PCV よりも吸気抵抗と吸気流量の関係の影響を受けやすい結果となったが、人工呼吸器の吸気特性によるものと考えられた。また、吸引カテーテルにおいては、吸引圧が同じでもカテーテル径が違えば、カテーテル自体の抵抗により吸引先端の圧は減衰するが、Hagen Poiseuille の式より、吸引カテーテルの単位時間の流量は、カテーテルの両端の圧力差と内半径の 4 乗に比例し、ガスの粘性とカテーテルの長さに反比例する。すなわち、吸引流量はカテーテルの入口、出口の圧力差と、特に内半径の変化に大きく影響される。以上より、太いサイズに変更した閉鎖式吸引カテーテルが挿入された気管チューブの先端では、断面積の減少により人工呼吸器からの送気量は減少し、反対に吸引カテーテルの吸引流量は増加した状態にある。

臨床では、閉鎖式吸引回路を使用する場合いくつかの問題点があげられている。人工呼吸器の設定により肺胞内圧の低下が見られるのは、VCV が選択され吸引量が送気量を超える場合と、PCV では、吸気圧より吸引圧が上回る場合と考えられる¹⁰⁾。閉鎖式吸引回路を使用する場合には、吸引圧と吸引カテーテルのサイズの組合せは PEEP および吸気圧に影響を及ぼす。4 グループ間の Q 点圧の平均値の結果からは、VCV はカテーテルサイズ、PCV と Auto Flow[®] は吸引圧によって肺内圧に影響を受ける可能性があり、選択する換気モードによってその影響も異なることが示唆される。

PCV は圧と吸気時間によって規定されるため、気管チューブの断面積の減少の影響を受けにくい。連続の定理により定常流中の流管では、任意の 2 点における断面積と流速、密度の積は一定である。よって、換

気量を規定する VCV は、吸気流速と吸気時間で一回換気量が決定されるため、気管チューブの断面積の減少は吸気流速を上昇させる必要があり、固定流速の VCV は影響を受けやすい。一方、Auto Flow[®] は本来 PCV 機構であるため、閉鎖式吸引中の吸気圧低下は VCV より影響が少ないが、補正機能のない PCV の方がさらに影響が少ない傾向がある。

さて、吸引毎に人工呼吸器の換気モードの変更を行うということは安全管理上好ましいことではない。Evita の Auto Flow[®] は VCV に ON 入力するだけで圧制御従量式換気と同様の制御をし、設定の変更を必要としない。このことが、VCV で閉鎖式吸引を実施することと比較すると、安全な気管内吸引時の対応と考える。また、Auto Flow[®] は、PCV で換気量が不現実になるという欠点を補う以外に、もう一つの利点として、強制換気時にファイティングが起りにくいという特徴がある¹¹⁾。これは吸気相であっても呼気弁を吸気圧で閉じる方式を採用し、患者呼気の自由度を大きくしたことが最大の理由である。しかし、現在では Dräger 社のみならず、多くの機種で PCV 強制換気時にこの呼気弁機能が採用され、吸引中に Auto Flow[®] だけがとくにファイティングを起こし難いとは言えない。

今回の閉鎖式吸引回路の実験では、吸引中の PEEP を維持する効果について、同じ Dräger 社の PCV より Auto Flow[®] を選択することの有効性は証明できなかった。

気管内吸引では適切な吸引時間や、吸引カテーテル口径が気管チューブの 1/2 以下のサイズ、吸引圧は成人で 100 mmHg ~ 150 mmHg (≒ 13 kPa ~ 20 kPa) に推奨されている^{7) 12)}。実験結果から、閉鎖式吸引においてもグループ-1 のように、推奨された吸引条件を満たす限り人工呼吸器 Evita では、どの換気モードでも閉鎖式吸引中の PEEP は維持される。

結 論

モデル肺 (TTL) 実験で、閉鎖式吸引回路使用時の Evita の Auto Flow[®] 機能を検討した結果、以下の結論を得た。

1. 閉鎖式吸引カテーテルが、気管チューブの半径より太い (>1/2) サイズや、吸引圧を高くした (>20 kPa) 場合には、PCV が PEEP の維持に優れている。
2. Auto Flow[®] は、VCV に比べて、吸引中の TTL 内

の PEEP の維持に有効に働く。

3. 適切な閉鎖式吸引カテーテルサイズと吸引圧を設定すれば、Auto Flow[®]、VCV、PCV、とも吸引中の TTL 内の PEEP は維持される。

今後、臨床での閉鎖式吸引使用時の、Evita[™] の Auto Flow[®] 機能の安全性の検証が待たれる。

参考文献

- 1) 道又元祐: 閉鎖式気管吸引と開放式気管吸引の利点と欠点、Expert Nurse, 19 (14); 2003
- 2) Scott D, William K, Linda L, et al: Incidence of colonization, nosocomial pneumonia, and mortality in critically ill patients using a Trach Care closed-suction system versus an open-suction system: Prospective, randomized study. Critical Care Med 18:1389-1393, 1990
- 3) Cobley M, Atkins M, Jones PL: Environmental contamination during tracheal suction. A comparison of disposable conventional catheters with a multiple-use closed system device. Anaesthesia 46: 957-961, 1991
- 4) C.H. Webb, G.M. Hogg: Contamination of multi-use closed tracheal suction catheters: an in-vitro study. Journal of Hospital Infection 31: 219-224, 1995
- 5) Mayhall CG: The Trach Care closed tracheal suction system: a new medical device to permit tracheal suctioning without interruption of ventilatory assistance. Infect Control Hosp Epidemiol 9: 125-127, 1998
- 6) Stenqvist O, Lindgren S, Karason S, et al: Warning! Suctioning. A lung model evaluation of closed suctioning systems. Acta Anaesthesiol Scand 45:167-172, 2001
- 7) AARC clinical practice guideline. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated adults and children with artificial airways. American Association for Respiratory Care 38: 500-504, 1993
- 8) 妙中信之: PRVCV、VSV、杉本壽、武澤純監: 呼吸管理のすべて、病態の理解と人工呼吸管理の実際、救急医学、22 (10); 1270-1273, 1998
- 9) 中沢弘一: 経喉頭の気管挿管 (Translaryngeal

- tracheal intubation) の合併症とその限界、ICU と CCU、28 (6) ;395-405, 2004
- 10) R.W. Frengley, D.N. Closey, J.W. Sleigh et al: Servo300 人工呼吸器使用時の気道内圧における閉鎖式吸引の影響 (日本語訳) . *Critical Care and Resuscitation* 3: 148-152, 2001
- 11) Dräger Medizintechnik GmdH, 丸川征四郎監修 :Auto Flow® 20 Questions-20 Answers 日本語版、第 2 版 ;2001
- 12) 日本呼吸療法医学会、多施設共同研究委員会 : ARDS に対する *Clinical Practice Guideline* 第 2 版、人工呼吸、21 (1) ;44-61, 2004
-