再循環回路を用いた完全液体呼吸システムの性能評価

Performance Evaluation of Re-circulation Circuit for Total Liquid Ventilation System

○長谷川 和典¹, 紺頼 拓巳¹, 堀越 俊彦¹, 舟久保 昭夫², 福長 一義³, 小森 栄作⁴, 矢口 俊之²,
佐藤 耕司郎⁵, 福井 康裕²

1. 東京電機大学大学院理工学研究科, 2. 東京電機大学理工学部, 3. 杏林大学保健学部
4. 国立病院四国がんセンター, 5. 富士システムズ株式会社

OK .Hasegawa¹, T.Konrai¹, A.Funakubo², K.Fukunaga³, E.Komori⁴, T.Yaguchi², K.Sato³, Y.Fukui²

1. Graduate School of Science and Engineering Tokyo Denki University,

2. School of Science and Engineering Tokyo Denki University, 3. Kyorin University,

4. National Shikoku Cancer Center, 5. Fuji Systems Company

1. はじめに

完全液体呼吸 (Total Liquid Ventilation: 以下 TLV) は、酸素 (以下 O_2)・二酸化炭素 (以下 CO_2) の溶解度が高い液体 (Perfluorocarbon: 以下 PFC) を生体肺および気道に満たし、TLV 専用のシステムを用いて生体肺に換液 (注入・排出) を行う呼吸代行補助法である。TLV システムでは、生体肺に流入する PFC の CO_2 分圧 (以下 PCO_2) を限りなく低くするため、 CO_2 除去効率を向上させる必要がある。しかし、従来型 TLV システムにおいて PFC のガス交換は、人工肺を通過する PFC 流量に依存し、生体肺に流入する際に十分な CO_2 除去が困難であった。

本研究では、生体肺に流入する PFC の CO_2 除去効率の向上を目的とし、新たに再循環回路を加えた TLV システムを作製し、このシステムの有用性について検討を行ったので報告する。

2. TLVシステム

従来型 TLV システムを Fig.1(a) に、再循環型 TLV システムを Fig.1(b) に示す。従来型 TLV システムでは、一回通過法を用いて生体肺に流入する PFC の CO_2 除去を行う。それに対して、Fig.1(b) に示す TLV システムでは、再循環回路にて PFC を循環させ、リザーバ (ピストンポンプ) 内の CO_2 除去を行う。これにより、生体肺に流入する PFC の PCO_2 を従来型より低下させることが可能となる。

Fig. 1 TLV システム

3. 方法

生体肺の呼吸を模擬したリザーバ (呼吸リザーバ) における PFC の PCO_2 を $30 \pm 5 \text{ mmHg}$ に設定し、Fig.1(a), (b) に示す TLV システムを構築した。また、人工肺を通過する O_2 ガスの流量を 5, 7 L/min とそれぞれ変化させ、Table 1 に示す呼吸条件にて各 TLV システムを施行した。その際、呼吸リザーバおよび生体肺に流入する PFC の PCO_2 を測定した。

Table 1 各 TLV システム施行時の呼吸条件

呼吸回数 [min ⁻¹]	5
吸気比: 呼気比	1:2
一回換液量 [ml]	60
O_2 ガス流量 [L/min]	5, 7
循環側 PFC 流量 [L/min]	0.5

4. 結果および考察

各システムを施行した際の呼吸リザーバおよび生体肺に流入する PFC の PCO_2 測定結果を Fig.2 に示す。

従来型 TLV システムを施行し、 O_2 ガス流量を 5 L/min とした場合、呼吸リザーバにおける PFC の PCO_2 は 30.1 mmHg から 9.6 mmHg まで低下した。また、再循環型 TLV システムでの測定値は 6.2 mmHg となり、従来型と比較した際に CO_2 除去効率は 35% 向上した。

O_2 ガス流量を 7 L/min とした場合も同様に、従来型 TLV システムでは、呼吸リザーバにおける PFC の PCO_2 は 28.7 mmHg から 7.2 mmHg となった。それに対して、再循環型 TLV システムでは、PFC の PCO_2 を 5.8 mmHg まで低下させることが可能になり、従来型と比較した際に CO_2 除去効率は 20% 向上した。

よって、新たに作製した再循環型 TLV システムでは、従来型と比べ PFC の PCO_2 を低下させることが可能となり、このシステムの有用性が示唆された。

Fig. 2 PFC の PCO_2 測定結果

5. むすび

本研究では、生体肺に流入する PFC の CO_2 除去効率の向上を目的とし、新たに再循環型 TLV システムを構築し、性能評価を行った。従来型 TLV システムと比較した結果、再循環型では CO_2 除去効率が改善されたことにより、このシステムの有用性が示唆された。今後、より高い CO_2 除去効率を得るため、効果的にガス交換を行うことが可能な人工肺の作製および最適な再循環型 TLV システムの構築を検討する予定である。