

胸腔ドレナージシステムにおける エアリーク流量計測技術

SATテクノロジー・ショーケース2017

■ はじめに

現在呼吸器科では、気胸等の疾患の治療において胸腔ドレナージは極めて重要な治療法であり、頻繁に実施されている。気胸とは何らかの原因により肺の一部が破れ、呼気が胸腔に漏れることで気体が肺を圧迫し、肺が外気を取り込めなくなった状態のことをいう。胸腔ドレナージユニットには、胸腔内に溜まった空気の排気を促し呼吸の正常化を図る役割がある⁽¹⁾。

患者の胸腔から漏れ出る空気をエアリークと呼び、その流量は気胸患者の重症度を明らかにする上で重要な指標である。過去の研究からエアリークが 20ml/min 以下になった時点でドレーン抜去が可能であり、600ml/min を超えると再手術の危険性があると報告されている⁽²⁾。この流量を定量的に計測することができれば臨床的に有用な指標となるものの、日本の医療現場で一般的に使用されているドレナージユニットには流量計が付属されていないのが現状である。また、患者が十分に回復した状態だと判断できる低流量域の空気を計測する技術は確立されておらず、回診時の医師の間欠的観察による主観的、定性的判断に委ねられている。

本研究では胸腔ドレナージユニットにおけるエアリーク流量の定量化を目的とし、気液二相流における低流量域での気相流量計測技術の開発を行う。本報告では、既存装置における排気の可視化結果と、高速度カメラと気相流量計による排気量の同時計測の結果について述べる。

■ 活動内容

1. 水封部の流動可視化

可視化実験より得た、水封部内流路の液相の流動様式から、気相流路は一種の液柱マノメータの役割を持つことを確認した。図1に装置の概略図を示す。流路は広狭で複雑な構造になっている。胸腔内圧力が水封部内圧力より大きいとき、水封部内流路から出た気相は液相に侵入し気泡となって排気される。

図2, 3に水封部の正面、側面から撮影した気泡発生過程を示す。画像は、吸引圧-8cmH₂O、気相流量100ml/minの条件下で、それぞれ気泡発生から0.16秒後の様子を表している。気泡が発生、離脱する様子が流量によらずほぼ一致していることから、統一した手法での気相流量計測が可能であることを確認した。

2. 気泡流量計測

図4に-8cmH₂Oでの気泡発生頻度を示す。6秒間の動画から気泡の数を計測することで求めた。気相流量の増加に伴い気泡発生頻度も増加した。画像解析により、発生する気泡の体積は気相流量ごとに誤差1~6%であることが分かった。そこで気相流量は気泡体積の平均値に気泡の出現頻度を掛けて求めた。

図5に吸引圧は-8cmH₂O~-12cmH₂O、気相流量は30ml/min~100ml/minの条件で画像解析により測定した気相流量を示す。流量計で計測した実流量と概ね同等の流量が計測できたことから、吸引圧に関わらず画像解析から流量を見積もることができると考える。

■ 参考文献

- (1) 奥村ら, 胸部外科, 2008;61:693-9.
- (2) Aneeg U, et al. Eur J Cardiothorac Surg 2006;29:867-72.

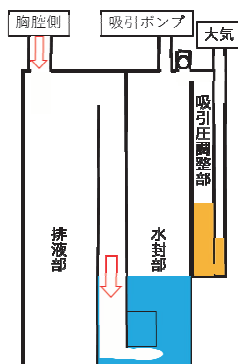


図1 胸腔ドレナージユニット

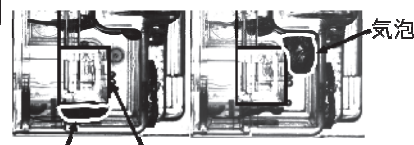


図2 気泡発生過程（正面）

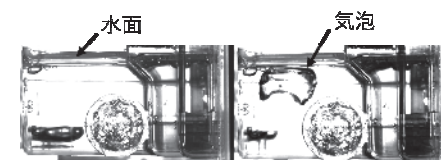


図3 気泡発生過程（側面）

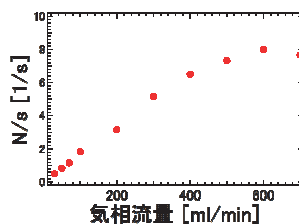


図4 気泡発生頻度

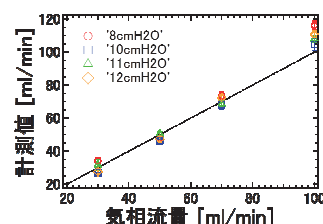


図5 気相流量

代表発表者 阿部 豊（あべ ゆたか）
所 属 筑波大学 システム情報系
構造エネルギー工学域
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
筑波大学第三エリア F 棟 3F323 室
TEL:029-853-5266 FAX:029-853-5266
abe@kz.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) 胸腔ドレナージシステム
(2) 気液二相流
(3) 可視化計測

■共同研究者: 岩上 聖(筑波大学大学院)
金子 暁子(筑波大学)
酒井 光昭(筑波メディカルセンター)