

HFOV 機能を複合化したネーザル CPAP 素子の開発研究

Development of a nasal-CPAP device combined the function of HFOV

プロジェクト代表者：川橋正昭（理工学研究科・教授）

Prof. Masaaki Kawahashi

1. まえがき

医療の高度化が進む中、工学的な現象理解に基づく医療技術の発展に対する臨床医側からの期待が高まっており、多くの医工連携プロジェクトが推進されている。新生児医療における救命医療の高度化においても医工連携による医療効果の向上が強く求められている。なかでも、早期早産児に多く見られる呼吸機能不全に対応する呼吸管理は、早産児の救命および生命維持医療にとって重要な要素であり、流体力学的検討とそれに基づく呼吸管理の最適化が求められている。これまで、いくつかの人工的換気補助による呼吸管理法が臨床応用されており、自呼吸が可能なケースではネーザル CPAP（気道陽圧維持）法が多用され、良好な臨床効果が得られている。さらに、近年特に注目されている人工換気法として HFOV（高頻度振動換気法）があり、その目覚しい換気機能改善効果により、新生児のみならず成人の呼吸管理応用にまで広がりを見せている。

本研究では、上述の呼吸管理医療の現状を踏まえ、新生児の症状に応じて適切な臨床処置を行うために、鼻孔装着素子を用いたネーザル CPAP 法に HFOV の機能を付加した素子を開発することを目的としている。現在ネーザル CPAP 法に用いられている素子は、新生児に多大な装着負荷を負わせており、改善が求められている。プロジェクト代表者は、これまでに装着負荷軽減を目的としたネーザル CPAP 素子の開発を行い、その特性を明らかにしてきた。この素子を基本として、患者の状態に応じて CPAP に HFOV 機能を付加出来るようにするために、気道内陽圧維持と高頻度振動換気が同時に実現可能な鼻孔装着素子を試作し、人口的換気装置を用いて、CPAP 圧、圧力変動、HFOV 換気量振幅などの特性を調べた。

2. 素子形状および機能

本研究では、小型化と装着性改善のために開発されたネーザル CPAP 素子の原理実証モデルを基本として、図 1 に示すような HFOV ポートが付加されたモデルが試作され、その特性が調べられた。

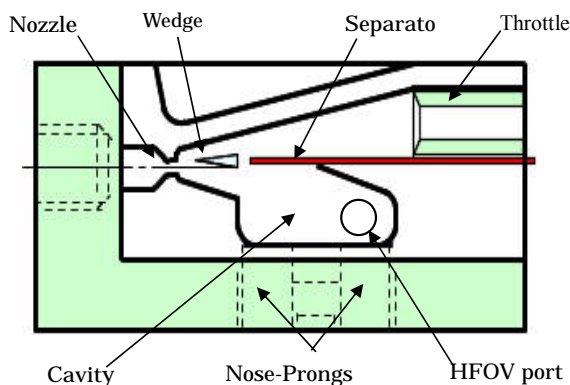


図 1 HFOV 機能が付加されたネーザル CPAP 素子モデル

用いられた素子の基本動作は、ノズルから供給される空気が、呼吸の吸気および呼気に対応して、くさび部で鼻孔ブロングへ向かう流れと直接排気される流れの分流流量がコントロールされ、素子内に発生する CPAP 圧をほぼ一定に保つ。この CPAP 基本動作状態に、必要に応じて、HFOV ポートを介して振動換気量が付加され、HFOV が実施される。なお、振動換気には HFOV ドライバー（メトラン製ハミング）が用いられた。

3．素子の特性

はじめに、素子の基本特性を明らかにするために、HFOV ポートを設けた時の CPAP 圧発生状態を調べた。図 2 に供給流量を一定とし、素子内のくさびと分離板との間隔を変化させたときの CPAP 圧の変化を示す。この結果より、標準的 CPAP 条件となる 500Pa の CPAP 圧を発生させるには、供給量を 7ℓ/分以上とする必要があることが示された。つぎに、供給空気量を 7.5ℓ/分、CPAP 圧を 500Pa とし、HFOV 付加換気量(SV)を一定としたときの換気周波数に対する HFOV 駆動圧力変動振幅の変化をもとめた結果が、図 3 に示されている。

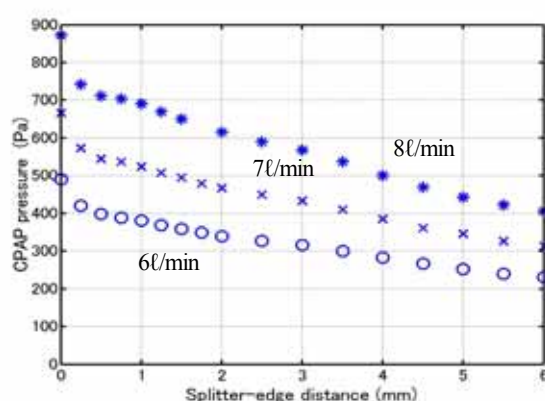


図2 くさび・分離板間距離に対する CPAP 圧の変化

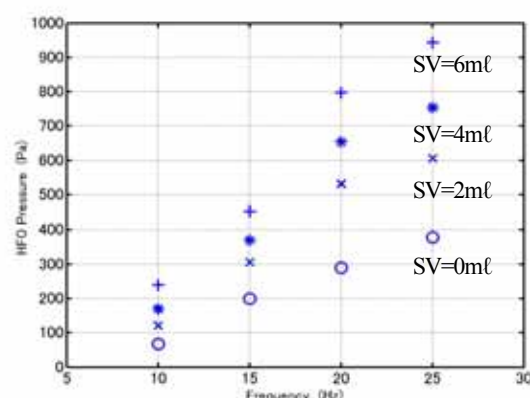


図3 HFOV 換気量を一定としたときの HFOV 周波数に対する HFOV 圧力の変化

図 3 の結果は、駆動周波数の増加および HFOV 換気量の増加と共に、HFOV 変動圧力振幅が増加していることを示している。また、CPAP 圧 500Pa の状態で、HFOV 駆動圧力変動振幅が 400Pa 程度になる、HFOV 周波数は 15Hz で換気量が約 6ml であることが分かる。図 4 に、HFOV 換気量 6ml、周波数 15Hz とした時の、換気量変動波形と素子内圧力変動波形を示す。この波形より、素子内圧力変動は、換気量増加時に緩やかに上昇し、換気量減少時に急速に低下することが分かる。

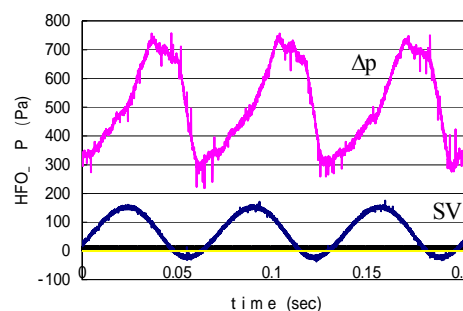


図4 HFOV 換気波形および素子内圧力変動波形

4．あとがき

ネーザル CPAP に HFOV 機能を付加するための素子を試作し、その特性について検討した結果、CPAP 圧を一定に保った状態での、HFOV 換気量変化、駆動周波数変化に対する、CPAP 素子内の圧力変動状態がどのようなかについて明らかにされた。このような特性に対して、今後呼吸換気量の影響がどのように表れるかを明らかにし、具体的な素子設計について検討していく。