

ハイフローネーザルカニューレでの薬剤吸入

— 正常呼吸には「非対称」、頻呼吸には「対称」を —

— 患者状態に応じた最適なカニューレ選択が薬剤送達の鍵となることを解明 —

山口宇部医療センター医療機器室の辛島隆司臨床工学技士長と三村雄輔臨床研究部長の研究グループは、人工呼吸器とマネキンを用いた in vitro（生体外）の自発呼吸シミュレーションモデルを用いて、対称カニューレと非対称カニューレ（図1）による薬剤送達効率を比較・解析しました。解析の結果、患者の呼吸状態によって送達効率が逆転することが見出されました。



図1. 対称カニューレ（上）および非対称カニューレ（下）

【ポイント】

- in vitro（生体外）成人モデルを用いて、ハイフローネーザルカニューレ（HFNC）の形状（対称型と非対称型）がエアロゾル薬剤の送達効率に与える影響を初めて明らかにしました。
- 本研究によって、患者の呼吸状態（正常呼吸か頻呼吸か）に応じて、最適な薬剤送達のためのカニューレ形状が異なることがわかりました。
- 本研究結果は、HFNCを用いたエアロゾル吸入療法における、より効果的で患者状態に合わせた治療戦略の構築に繋がると期待されます。

【背景】 ハイフローネーザルカニューレ（HFNC）を用いた酸素療法は、振動メッシュ式ネブライザ（VMN）を組み合わせたエアロゾル（薬剤）吸入療法にも広く利用されており、呼吸管理の中心的な役割を担っています。近年、解剖学的死腔の換気効率を改善する目的で、左右のプロング（鼻に挿入する管）の太さが異なる「非対称カニューレ」が開発されました（図1下）。しかし、この非対称な設計が生み出す独特な気流が、標準的な「対称カニューレ」（図1上）と比較してエアロゾル送達効率にどのような影響を与えるかは、これまで明らかにされていませんでした。

- **正常呼吸時（15 回/分）の場合:** 低換気量（300mL）では非対称カニューレの方が、対称カニューレよりも有意に高い薬剤送達効率を示しました。これは、吸気流速が穏やかな状態では、非対称カニューレからの偏った気流が乱気流を起こさず、スムーズに薬剤を肺へ運ぶためと考えられます。高換気量（600mL）では、両方のカニューレで効率は同程度増加し、差は見られません。つまり、非対称カニューレは換気量にかかわらず薬剤送達に適しています。
- **頻呼吸時（30 回/分・呼吸切迫状態）の場合:** 換気量にかかわらず、対称カニューレの方が常に高い送達効率を示しました。非対称カニューレは換気効率を高めるために一方向性のやや高速な気流を生み出しますが、頻呼吸時にはこの気流が乱気流を引き起こし、薬剤が上気道に衝突して沈着しやすくなるため（送達量が減少するため）と考えられます。

【意義】 本研究により、これまで不明であった「非対称カニューレの形状がエアロゾル送達に及ぼす影響」が明らかになりました。この結果は、非対称カニューレが持つ「換気効率を改善する」という利点が、頻呼吸時には「薬剤送達を妨げる」トレードオフの要因になることを示しています。したがって、HFNC を用いたエアロゾル療法を行う際は、患者の呼吸状態（正常呼吸か頻呼吸か）を考慮し、ガス交換のサポートと薬剤送達の両立を図るために最適なカニューレ形状を選択する治療戦略が必要であると考えられます。

【論文情報】

本研究成果は、2026 年 9 月 17 日に、米国呼吸療法学会の公式学術雑誌「Respiratory Care」（インパクトファクター：2.3）にオンライン掲載されました。

- **論文名:** Drug Delivery via Vibrating Mesh Nebulizer With Symmetrical and Asymmetrical High Flow Nasal Cannulas in an Adult Model
- **掲載誌:** Respiratory Care
- **著者:** Takashi Karashima, Kanade Miyakawa, Yuka Mimura-Kimura, Yusuke Mimura
- **出版年:** 2026 年
- **DOI:**10.1177/19433654261481604