呼吸時の鼻腔・咽頭内の往復気流に関する生体外モデル実験 In vitro model experiment of the oscillatory airflow in a model of the nasal cavities and pharynx when breathing

学 ○仲川 晃造(関大院) 正 田地川 勉(関大工) 正 桜井 篤(関大工)

正 大場 謙吉(関大工) 外 上杉 康夫(大阪医科大)

Kozo NAKAGAWA, Graduate school of Kansai University, Yamate-cho 3-3-35, Suita, Osaka
Tsutomu TAJIKAWA, Atsushi SAKURAI, and Kenkichi OHBA, Kansai University
Yasuo UESUGI, Department Radiology Osaka Medical College

1. はじめに

呼吸器の1つである鼻腔は非常に複雑な構造をしており、表面の鼻粘膜の肥大化などによって鼻腔が狭窄し、通気性が悪くなることで鼻閉感を訴える患者が多く存在する。鼻閉感の治療のために、肥大化した鼻粘膜を切除する外科手術が行われているが、患部をどの程度切除するかは術者の主観的な経験に依存している。そこで、ヒトの鼻腔と水力平均直径を合わせ、鼻甲介を考慮した水モデルを作製し、鼻腔の形状パラメータが流量と圧力損失との関係といった流動特性に及ぼす影響を調べた。

2. 鼻腔モデル

ヒトの鼻腔は鼻中隔によって左右に分けられ、内部の流れは鼻甲介によって分岐する。今回モデル化の対象としたのはヒトの右側鼻腔である。

モデルは透明なアクリル材に3次元加工システムを用いて流路を切削することで作製した。概略図をFig.1に示す。モデルはヒトの鼻腔と等倍とした。鼻中隔に平行な面の形状は実際の鼻腔より投影し、それに垂直な断面の形状については、実際の鼻腔と水力平均直径が等しい矩形とした。また、鼻甲介は流路内に厚さ1mmのアクリル板を取り付けることで模擬した。

3. 実験装置および実験方法

実験装置概略図をFig.2に示す。作動流体には、25 wt%グリセリン水溶液を用いた。呼吸時の往復気流は、スコッチヨーク機構とベローズを用いて生じさせた。

実験では、流量 Q を電磁流量計で、咽頭-外鼻孔間圧力差 Δp を圧力トランスデューサで測定し、デジタルメモリレコーダーで記録した。

流れの可視化には、散乱粒子として平均粒径 $74\mu\text{m}$ の石英粒子を作動流体に混入し、Ar⁺レーザーとハイスピードビデオカメラを用いて撮影を行った。

4. 実験結果

測定より得られた Q と Δp の関係をFig.3に示す。また、空気と作動流体の物性値の違いを考慮し、実際に鼻腔通気度計で測定した結果と比較した Re と Δp の関係をFig.4に示す。図より Q の増加に伴い Δp は増加し、 Re に対する Δp の変化は実際の鼻腔とほぼ一致していることがわかる。

最大呼気時および最大吸気時を中心とした2秒間の鼻腔モデルの内の各流脈線をFig.5に示す

5. まとめ

鼻甲介を考慮し、ヒトの鼻腔と水力平均直径を合わせた右側鼻腔モデルにおいて、実際の測定結果と同様の流動特性が得られた。

Fig.1 The structure of nasal cavity model.

Fig.2 Schematic diagram of experimental apparatus.

Fig.3 Curve of Δp vs. Q . Fig.4 Curve of Δp vs. Re .

Fig.5 Streak line images for two seconds in nasal cavity models (a: peak expiration, b: peak inspiration).