

최근 비강 내 공기유동에 관한 실험적 연구

김성균*

1. 서론

코 내부의 공기 유동을 이해하는 것은 코의 호흡에서의 생리학적, 병리학적인 면들을 설명하는데 있어 기초가 된다. 그러므로 많은 생체공학 및 의공학 분야의 연구자들에 의해 연구되어 왔다. 공기역학적인 실질적 연구는 20세기 초에 시작되었으며, 최근에 몇몇 연구자들은 코 내부 공동(비강)을 모델화하여 정성적 가시화 실험을 수행하거나 열선 유속계 등으로 직접 속도를 계측하여 유용한 결과들을 얻었으나, 복잡한 기하학적 형상과 적절한 실험장치구성에 어려움을 겪어왔다.^(1,2) 최근의 Hopkins등⁽³⁾에 의해 개발된CT영상 데이터를 이용한 급속 성형법(Rapid Prototyping)과 액체 투명 실리콘의 경화에 의한 모델 캐스팅 방법에 의해, 복잡한 해부학적 코 내부 공동현상을 내포한 투명한 직육면체 유로를 만들 수 있게 됨으로써, PIV에 의한 유동 해석이 가능하게 되었다. 저자는 이 방법을 발전시켜 한국인의 정상, 비정상 비강 모델들을 제작하여 PIV유동해석으로 여러 가지 결과들을 얻었으며,^(4,5) 주기유동 조건에서의 실험과 외과 수술을 모사한 비강 내 조직의 일부가 제거된 모델에 대한 실험⁽⁶⁾ 등으로 그 응용을 확대 하였다.

2. 본론

2.1 모델제작

코 내부 공동내의 유동해석에 있어 주된 요소는 정확한 유로의 모델을 형성하는데 있다. 이를 위해 먼저 정상인의 코에 대한 CT(Computed Tomogram, Somatom plus 4, Siemens Co.) 데이터(Fig. 1참조)를 입력으로 하여 급속성형(rapid prototyping) 기계(Z Co. MA, USA)를 이용하여 유로 내부 유로의 고휘 모델을 만들었다. (Cyber med Co.) 개직사각형 아크릴 상자에 이 모델을 넣고 투명한 액체실리콘(clear silicone)을 경화제와 섞어서 거품이 일지 않도록 조심해서 부어넣어 굳힌다. 실리콘이 완전히 굳은 후 찬물을 이용하여 녹말 모형을 녹여내면 유로가 완성 된다.

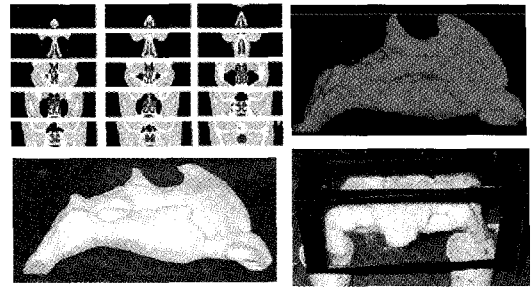


Fig. 1 Procedure to make cavity model

2.2 주기유동 생성을 위한 왕복펌프 제작

삼성의료원에서 제공한 호흡에 대한 생리 데이터를 이산화 하여, 이를 구현할 수 있는 캠의 형상을 디자인하고 이 캠을 이용하여 주기적인 유량을 생성하는 왕복 펌프 시스템을 Fig. 2와 같이 제작 하였다.

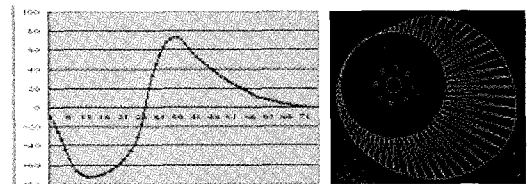


Fig. 2 Periodic pumping system

3. 결론

최근 4년간 실험실에서 수행한 결과들의 요약이다. 이 결과들은 향후 이비인후과 진료와 수술 등에 기본자료 및 임상 데이터로 활용될 것이며, 본 논문의 모델 제작법과 실험기법들은 다양한 인체 내의 유동해석에 활용될 수 있을 것이다.

* 건국대학교 기계항공공학부

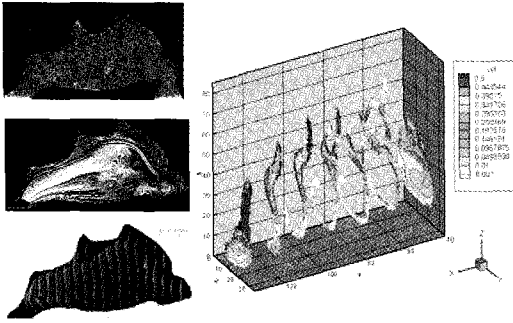


Fig. 3 PIV results for normal nasal cavity of Korean adults

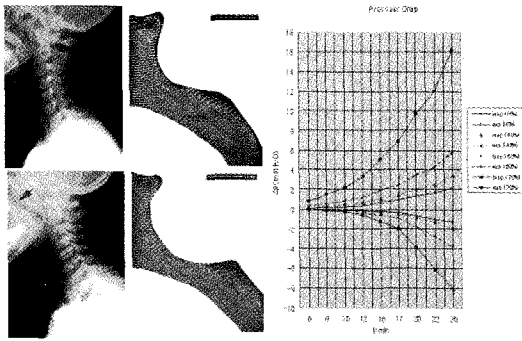


Fig. 4 PIV results for abnormal cavity with Adenoid Vegetation

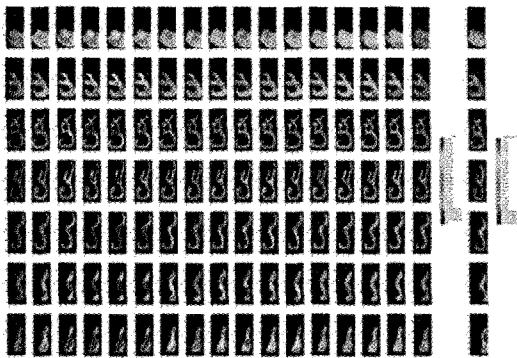


Fig. 5 PIV results for Periodic flow condition

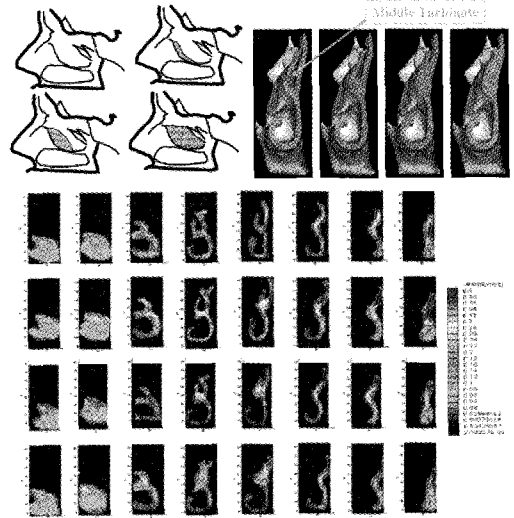


Fig. 6 PIV results for simulation of medical surgery

참고 문헌

- (1) Scherer, P.W., Hahn, I.I., Mozell, M.M. 1989, "The Biophysics of Nasal Airflow", Otol. Clinics N. Ame. Vol. 22, No. 2, April, 265-278
- (2) Hess, M.M., Lampercht, J., Horlitz, S. 1992, "Experimentelle Untersuchung der Strombahnen in der Nasenhaupthöhle des Menschen am Nasen-Modell", Laryngo-Rhino-Otol. 71, 468-471
- (3) Hopkins, L.M., Kelly, J.T., Wexler, A.S., Prasad, A.K. 2000, "Particle image velocimetry measurements in complex geometries", Exp. Fluids 29, 91-95
- (4) Kim, S.K., Son, Y.R., (2002) Particle Image Velocimetry Measurements in Nasal Airflow, Trans. KSME B, Vol. 26, No. 6, 566-569.
- (5) Kim, S.K., Son, Y.R., (2003) PIV Measurements on Airflows in the Abnormal Nasal Cavity with Adenoid Vegetation, Trans. KSME B, Vol. 27, No. 4, 566-569.
- (6) Kim, S.K., Jung, S.K., (2004) An Investigation on airflow in disordered nasal cavity and its corrected models by tomographic PIV, Meas. Sci. Technol. Vol. 15 1090-1096