

폐쇄성 수면무호흡증 예측을 위한 유체역학적 인자에 관한 연구

김형호* · 서상호* · 라키부자만* · 최진영** · 이의룡***

Research on fluid dynamics parameter for prediction of obstructive sleep apnea

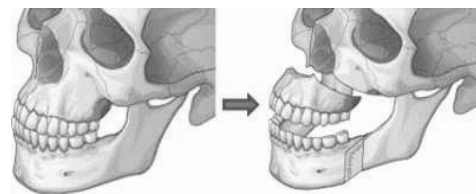
Hyoung-Ho Kim*, Sang-Ho Suh*, Rakibuzzaman*, Jin-Young Choi*, Ui-Lyong Lee*

Abstract : Obstructive sleep apnea (OSA) is a syndrome characterized by the repetitive episodic collapse of the upper airway. The purpose of this study is to investigate the fluid dynamic parameter for prediction of obstructive sleep apnea in the upper airway before and after setback surgery. Here, we analyzed the flow phenomena of inspiration and expiration in obstructive sleep apnea patients. The modeling of the upper airway was performed with facial 3 dimensional facial computed tomography images (3D facial CT). We used time-dependent value for boundary conditions. The changes of the pressure were studied with 3D facial CT taken both before and after the setback surgery. Also, it found that the correlation between PSG data and non-dimensional pressure drop has information to predict severity of OSA. In all other patients except patient 1, average value and PSG data are inversely related. For each patient, the lower the average value present, the higher the PSG data will be.

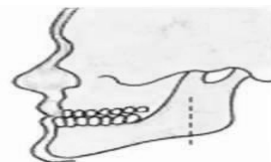
1. 서 론

폐쇄성 수면무호흡증은 수면 중 간헐적으로 상기도에 폐쇄 증상이 반복되는 것을 말한다. 이를 치료하기 위해 다양한 치료 방법이 제안되어 왔다⁽¹⁾. 치료 방법은 중재적 치료법과 수술적 치료법으로 크게 나누어진다. 중재적 치료법으로는 양압기나 구강 내 장치를 착용하는 것이다. 이는 착용 시 이질감이나 번거로움으로 인해 선호되지는 않는다. 수술적 방법으로는 상하악 전진술, 이설근전진술 등의 다양한 시술법이 있다⁽¹⁾. 이중에 이 가장 효과적인 수술법은 상하악전진술이다. 상하악전진술의 원리는 Fig. 1 (a)와 같이 상악과 하악을 절개하여 앞으로 전진시키므로 기도 내의 공기가 지나가는 공간을 확보하는 것이다. 하지만 전진량과 폐쇄성 수면무호흡증 간의 관계에 대해서는 아직 명확하게 밝혀지지 않았다. 최근 들어 턱 수술을 시행한 환자가 급격하게 증가하고 있다. 턱 수술은 상하악전

진술과 유사하게 하악궁을 절개하여 Fig. 1 (b)와 같이 기도 내 부피를 변화시킨다. 그러므로 턱 수술 환자 또한 차후에 폐쇄성 수면무호흡증이 유발될 가능성이 있다. 본 연구에서는 턱 수술 환자의 기도 내 유체역학적 정보 분석과 수면다원검사 결과를 통해 기도 내 부피 변화와 폐쇄성 수면무호흡증의 연관관계를 알아내고자 한다.



(a) Maxillomandibular advancement



(b) Setback operations

Fig. 1 Various treatment surgery for obstructive sleep apnea

* 숭실대학교 기계공학부

** 서울대 대학원 치의학대학원 구강악안면외과

*** 중앙대학교 치의학대학원 구강악안면외과

Table 1 PSG information of pre-operative patients

Patient	BMI	Pre-operative			
		Snoring level	pRDI	pAHI	ODI
1	18.1	50/41	7.3	0	0
2	18.2	50/42	6.2	0.7	0.2
3	27.2	50/41	17.5	1.4	0.2
4	22.5	40/41	12	0.9	0.3
5	21.5	40.41	10	2.4	0.7
6	21.1	70/44	4.4	0.3	0

Table 2 PSG information of post-operative patients

Patient	BMI	Post-operative			
		Snoring level	pRDI	pAHI	ODI
1	18.1	60/42	6.8	0.2	0
2	18.2	50/42	8.7	4.5	3
3	27.2	40/41	10.5	0.5	0
4	22.5	60/43	7.5	1.5	0.2
5	21.5	70.44	10.5	2.9	1.5
6	21.1	80/46	8.6	1.1	0.8

2. 본 론

턱 수술 환자의 수술 전후의 CT 영상을 확보하여 3D-doctor를 이용해 3차원 모델링을 수행하였다. 3차원 상기도 모델의 격자는 상용 소프트웨어인 ICEM을 이용하여 만들었고, 유동해석에는 ANSYS CFX 16.2를 사용하였다. 계산 결과로부터 수술 전후의 기도 변화에 따른 압력과 속도를 각 환자들 마다 검토하였다⁽²⁾. 이외에 환자의 생리적인 자료를 확보하기 위해 6명의 턱 수술 환자의 수술 전후에 대해 PSG 검사를 Table 1과 2와같이 수행하여 환자들의 코골이 수준, pRDI, pAHI, ODI를 획득하였다. 유체역학적으로 검토한 자료와 생리적인 자료를 무차원화 하여 폐쇄성 수면무호흡증을 진단하기 위한 인자를 찾는 연구를 수행하였다⁽³⁾. 무차원화를 위해 한 호흡 주기 동안 발생한 최대 압력강하 값으로 최대 흡기, 휴식기, 최대 호기로 나누어 무차원화하여 나타내었다. 그리고 환자의 전체적인 상기도 형상의 특성을 나타내기 위해 Table 3과 같이 평균을 하였다. 연구 결과 구개인두와 구강인두에서 최대 압력강하가 발생하였다. 압력을 무차원화하여 평균 값은 수면다원검사 데이터와 역관계를 나타내었다.

Table 3 Comparison of PSG data and non-dimensional pressure drop(pre- and post operation)

Patient	Max inspiration	End inspiration	Max expiration	Average value	PSG data
1	1/1	0.107/0.342	0.579/0.699	0.568/0.68	7.3/7
2	0.663/0.879	0.117/0.097	1/1	0.593/0.659	4.7/9.7
3	1/1	0.216/0.095	0.862/0.641	0.693/0.578	6.9/13.2
4	0.653/0.794	0.099/0.0716	1/1	0.584/0.622	18.9/11
5	0.852/1	0.125/0.0567	1/0.9	0.659/0.652	12.4/13.4
6	0.734/0.944	0.0571/0.137	1/1	0.597/0.694	12.9/9

3. 결 론

턱 수술 환자 6명의 데이터를 수집하여 모델링 한 후 형상학적인 부분에 대해 검토를 수행하였다. 3차원 모델을 이용하여 유동해석을 수행한 후 압력 및 속도벡터에 대해 분석한 결과 구개인두와 구강인두에서 압력강하가 공통적으로 크게 발생하였다. 폐쇄성 수면무호흡증을 진단하기 위한 인자 연구로써 압력을 무차원화하여 평균한 값을 수면다원검사 데이터와 비교 검토를 하였다. 검토 결과 두 값을 역관계를 나타내었다. 추후에 증례를 19개까지 증가하여 검토할 예정이다.

참고 문헌

- (1) Holty, J. E. C., & Guilleminault, C. (2010). Maxillomandibular advancement for the treatment of obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep medicine reviews*, 14(5), 287-297.
- (2) 김형호, 서상호, 최진영, & 김태윤. (2015). 폐쇄성 수면무호흡증 환자의 상하악 전진술 후 상기도 내 유동해석. *대한기계학회 논문집 B 권*, 39(5), 443-448.
- (3) Mo, S. S., Ahn, H. T., Lee, J. S., Chung, Y. S., Moon, Y. S., Pae, E. K., Sung, S. J., 2010, "Morphological characteristics of the upper airway and pressure drop analysis using 3D CFD in OSA patients," *Korean Journal of Orthodontics*, Vol. 40, No. 2, pp. 66-76.