

# 폐쇄성 수면무호흡증의 예측을 위한 유동인자에 관한 연구

김형호\* · 서상호\* · 최진영\*\*

## A Study of Fluid Dynamic Parameter for Prediction of Obstructive Sleep Apnea

Hyoung-Ho Kim\*, Sang-Ho Suh\*, Jin-Young Choi\*\*

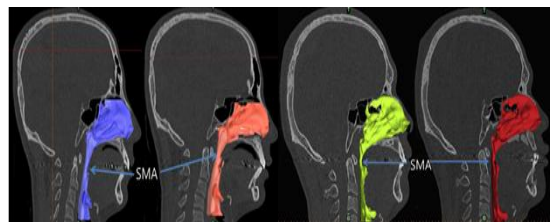
**Abstract** : Obstructive sleep apnea (OSA) is a syndrome characterized by the repetitive episodic collapse of the upper airway. The purpose of this study is to investigate the fluid dynamic parameter for prediction of obstructive sleep apnea in the upper airway before and after maxillomandibular advancement surgery(MMA). Here, we investigated the flow phenomena of inspiration and expiration in obstructive sleep apnea patients. It found that the correlation between AHI and non-dimensional pressure drop has a relationship to predict severity of OSA.

### 1. 서 론

폐쇄성 수면무호흡증은 한국 인구 중에서 3.5~4.5 %의 환자가 있는 잘 알려진 질병이다. 폐쇄성 수면무호흡증환자는 걸리면 수면 중 습관적으로 기도가 막히게 된다. 이러한 상황이 반복되면 뇌졸중 및 심혈관 질환을 초래한다.<sup>(1)</sup> 폐쇄성 수면무호흡증을 진단하기 위해 수면다원검사를 시행하는데, 이때 측정된 AHI(Apnea Hypopnea Index)는 폐쇄성 수면무호흡증의 중증도를 판별하기 위해 사용된다. 하지만 AHI는 무호흡이나 저호흡이 지속되는 시간을 반영하지 못하고, 단순히 무호흡과 저호흡이 발생하는 빈도만 확인한다.

폐쇄성 수면무호흡증을 치료하기 위해 수술적 방법과 비수술적 방법이 있다. 효과가 좋은 비수술적 방법은 수면 시 지속적으로 양압기나 구강 내 장치를 착용해야 한다는 단점이 있다. 상하악 전진술은 폐쇄성 수면무호흡증 치료를 위한 수술법 중 가장 효과가 좋은 방법이다. 하지만 이 방법은 환자의 상악과 하악을 전진시키는 방법이기 때문에 환자의 얼굴 모양이 바뀌게 되어 주의를 요구한다. 현재 폐쇄성 수면무호흡증 치료를 위한 상악과 하악을 전진시키는 양은 정확하게 연구된 바 없다. 다만 폐쇄성 수면무호흡증을 치료하

기 위해 상하악을 전진시키는 양은 대략 10 mm 정도이다. 서양인의 경우 코의 구조가 돌출된 형태이기 때문에 상악과 하악을 많이 전진시켜도 문제가 되지 않는다. 그러나, 동양인은 코의 구조가 서양인의 경우와 달라 상악과 하악을 전진시키는 양에 민감하다. 따라서 최소한으로 상하악을 전진시키면서 폐쇄성 수면무호흡증을 치료하는 것이 최고의 시나리오이다. 이를 현실화하기 위해서는 먼저 상하악 전진량에 따른 폐쇄성 수면무호흡증의 발생 가능성을 진단하는 인자를 도출해야 한다. 본 연구에서는 폐쇄성 수면무호흡증 환자를 대상으로 Fig. 1과 같은 상하악 전진술 전후의 CT 이미지를 사용해 유동해석을 수행하였다. 유동해석 결과와 AHI 값을 사용해 상하악 전진량에 따른 폐쇄성 수면무호흡증의 발생을 평가하는 인자에 대해 연구를 수행하였다.



(a)Pre-(case1) (b)Post-(case1) (c)Pre-(case2) (d)Post-(case2)  
Fig. 1 Pre- and postoperative airway anatomy in patients

\* 숭실대학교 기계공학과

\*\* 서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과

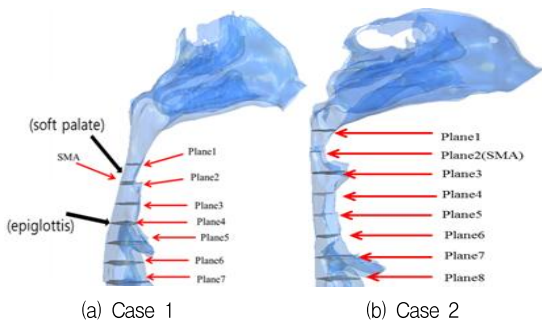


Fig. 2 Cross-sectional area of the upper airway

## 2. 수치해석 및 결과

유동해석을 위한 격자는 ICEM software를 이용하여 만들었고, 계산은 ANSYS CFX를 사용하여 계산을 수행하였다. 난류모델은 k- $\epsilon$  모델을 적용하였으며 작동 유체로서 공기를 사용하였고, 경계조건으로는 입구에 공기 유입량을 설정하여, 호흡 주기에 따른 비정상상태 계산을 수행하였다. 결과 분석을 위해 Fig. 2와 같이 연구개 상단부터 인두 하단 사이에 단면을 1mm 간격으로 8개 만들어 압력값을 분석하였다. 단면의 압력값을 분석한 결과 단면적이 가장 작은 부분인 평면 1과 평면 2에서 압력구배가 흡기, 호기, 휴식기에서 모두 가장 크게 나타났다. 다른 연구에서도 면적이 작은 부분에서 압력구배가 크고, 협착이 발생할 것이라는 주장이 많았다.<sup>(2)</sup> 따라서 이 부근의 압력구배 값을 Table 1과 같이 정리하였다. 흡기 시에 가장 큰 압력구배가 발생하는 것으로 보아 흡기 직후에 폐쇄가 발생할 가능성이 크다고 판단된다. 이 결과는 환자의 수술 전·후 상태를 유동 관점에서 나타내는 값이므로 이와 유사하게 수술 전·후 환자의 증증도를 나타내는 AHI 값과 연관지어 볼 필요성이 있다. AHI가 무차원 값이므로 연관성을 찾아내기 위해 압력강하 값을 먼저 무차원화시킬 필요가 있다. 무차원화를 시킨 후 환자의 상태를 대표하는 값을 찾아내기 위해 세 지점의 평균값을 구한다. 이렇게 구한 무차원화된 평균값은 압력강하 값에서 나타나지 않던 AHI와 유사한 경향을 나타낸다. Table 2에서 이 값들은 AHI와 대략 90배 정도 작은 값을 모두 갖는다. 증례를 많게 하여 이 경향이 확실해진다면, 앞으로 환자에 대해 수면다원검사를 수행할 필요가 줄어든다. 또한 수술 전의 형상을 가지고 가상 수술을 통해 환자의 상태를 미리 예측할 수 있다. 수술 전의 형상에서 상하악 전진량을 설정해

Table 1 Pressure drop between plane 1 and plane 2(SMA) according to respiration cycle

Pressure drop	Case 1		Case 2	
	Pre(Pa)	Post(Pa)	Pre(Pa)	Post(Pa)
Max_inspiration	10.8	1.15	194.5	66
End_inspiration	0.266	0.017	2.05	1.62
Max_expiration	4	0.5	7	20.3

Table 2 Pressure drop between plane 1 and plane 2(SMA) according to respiration cycle

		AHI	Max_inspiration	End_inspiration	Max_expiration	Ave_value
Case 1	Pre	6	0.1131	194.5	0.0491	0.054
	Post	57.5	1	2.05	0.3929	0.473
Case 2	Pre	15.2	0.3393	0.00833	0.1043	0.15
	Post	43.2	1	0.01054	0.03599	0.3488

유동해석을 수행하면 미리 폐쇄성 수면무호흡증이 치료될 수 있는 최적의 상하악 전진량을 구할 수 있다.

## 3. 결론

폐쇄성 수면무호흡증 환자에 대해 유동해석을 수행하였고, 면적이 가장 좁은 부분에서 압력 강하가 가장 크게 발생하였다. 수면다원검사 결과와 유동해석 결과를 비교하여, 상하악전진술의 부작용을 최소화 하면서 폐쇄성 수면무호흡증을 효과적인 치료하기 위한 유동인자에 대해 연구하였다. 이렇게 구한 무차원화된 평균값은 AHI와 유사한 경향을 나타내었고, 차후에 증례를 증가한다면 유동인자로써 진단에 활용될 것이다.

## 참고 문헌

- (1) Arzt, Michael, et al. "Association of sleep-disordered breathing and the occurrence of stroke." American journal of respiratory and critical care medicine 172.11 (2005): 1447-1451.
- (2) Huynh, John, Ki Beom Kim, and Mark McQuilling. "Pharyngeal airflow analysis in OSAS patients pre-and post-MMA surgery." Journal of Fluids Engineering 131.9 (2009): 091101.