

폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 상기도 검사법

Upper Airway Studies in Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome

김 정 수 · 이 규 엽

Jung Soo Kim, Kyu Yup Lee

■ ABSTRACT

Obstructive sleep apnea (OSA) is a common disorder characterized by recurrent cessation of breathing due to complete or partial upper airway occlusion during sleep. The incompetent tone of palatal, pharyngeal, and glossal muscles which fail to maintain airway patency during sleep causes narrowing of the airway dimension and increased resistance of breathing. The identification of the sites of upper airway obstruction in patients with OSA is important in understanding the pathogenesis and deciding the treatment modality of snoring and/or OSA. Various upper airway imaging modalities have been used to assess upper airway size and precise localization of the sites of upper airway obstruction during sleep. Dynamic imaging modalities enabled assessment of dimensional changes in the upper airway during respiration and sleep. This article focused on reviews of various upper airway imaging modalities, especially dynamic upper airway imaging studies providing important information on the pathogenesis of OSA. **Sleep Medicine and Psychophysiology 2004 ; 11(1) : 5-9**

Key words: Obstructive sleep apnea · Diagnostic imaging.

서 론

수면장애에 대한 연구는 1976년 Guilleminault 등(1)에 의해 수면 무호흡증후군이 정의 된 이후 많은 연구와 보고가 되어오고 있다. 수면 무호흡증후군은 수면 중 10초 이상 호흡기류가 정지하는 무호흡이 수면시간당 5회 이상이거나 7시간 이상의 수면 중 30회 이상의 무호흡이 발생했을 때로 정의된다. 미국에서는 남성의 4%, 여성의 2% 정도로 보고되었고(2) 중국에서도 비슷한 유병율을 보이고 있으며(3,4) 우리나라에서는 특별한 보고는 없으나 비슷한 유병율을 보여줄 것으로 생각된다.

무호흡은 호흡중추에 의한 호흡운동의 동반 유무에 따라 폐쇄성, 중추성, 혼합성으로 나누어지고 이 중 90% 이상이

폐쇄성 무호흡이다(5). 폐쇄성 무호흡증은 수면 중 반복적인 상기도의 완전 또는 부분적인 폐쇄로 인한 무호흡이나 저호흡 상태로 코골이가 거의 대부분에서 동반된다.

상기도 폐쇄를 유발하는 원인으로 구인두 측벽의 내측 함입, 혀의 후방이동, 연구개의 후하방 이동과 전체 인두의 하방이동 등이 관여하며 이러한 과정은 상기도 확장근의 활성도 감소와 흡기시 발생하는 상기도 내의 음압에 의한 수동적인 과정에 기인한다(6).

폐쇄성 수면 무호흡증의 치료방법 중의 하나인 구개인두 성형술은 연구개부위가 주된 원인일 경우에는 좋은 결과를 얻을 수 있으나 설근부(base of tongue)이하 부위의 문제일 때는 다른 수술방법을 고려해야 한다(7). 따라서 폐쇄성 무호흡증 환자의 치료결정에 상기도 폐쇄부위를 정확히 측정하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 상기도 폐쇄부위를 확인하는 방법으로는 내시경, 형광투시검사(fluoroscopy), 측면두개골계측(cephalometry), 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상 등 많은 방법이 시도되고 있지만 이들 방법은 대부분 각성시에 이루어지며 수면 중에는 호흡에 따라 상기도의 내경이 역동적으로 변하므로 수면 중 상기도의 폐쇄부위의 검사에 한계가 있다.

경북대학교 의과대학 이비인후과학교실
Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea
Corresponding author: Jung Soo Kim, Department of Otorhinolaryngology, College of Medicine, Kyungpook National University, 50 Samduk 2-ga, Jung-gu, Daegu 700-721, Korea
Tel: (053) 420-5785, Fax: (053) 423-4524
E-mail: sookim@knu.ac.kr

저자들은 상기도 폐쇄부위를 측정하는 방법들을 문헌을 기초로 비교하고 각성시 이외에 수면시에 호흡에 따른 상부기도를 역동적으로 검사하는 방법들을 소개하고자 한다.

본 론

1. 연성 비인두 내시경(Fiberoptic nasopharyngoscope)

비인두내시경은 이비인후과의사가 비강, 구인두, 후두 부위를 쉽게 볼 수 있어 보편적으로 널리 이용되고 있는 방법 중 하나이다. 내시경을 이용하여 비강의 상태와 비인두 그리고 호흡에 따른 역동적인 구인두와 후두의 상태를 직접 관찰할 수 있어 폐쇄성 또는 중심성 무호흡증의 연구에 많이 이용되고 있다(8-11). Rojewski 등(12)은 내시경을 이용한 폐쇄성 무호흡증 연구에서 폐쇄부위가 하인두이며 다양한 폐쇄길이를 나타내었고 연구개팔약근(velopharyngeal sphincter)까지 폐쇄부위가 연장된 경우도 있다고 보고하였다. 하지만 연구자에 따라 폐쇄부위가 비인두라는 보고와(13) 연구개(velopharynx)라는 보고도 있다(14). 비인두내시경으로 단순 관찰 이외에 환자의 입을 막고 흡기를 실시하여 무호흡 중에 일어날 수 있는 상부기도폐쇄를 모의 실험할 수 있는 Müller maneuver를 실시하여 후구개(retropalate)와 설후방(retroglossus) 부위의 폐쇄여부를 알 수도 있다. 각성시에 환자가 입과 코를 막고 의도적인 흡기에 의해 유도되므로 수면 중에 발생하는 상기도 폐쇄부위의 정확한 상관관계를 적용하는 데는 무리는 있지만 폐쇄가능한 부위에 대한 어느 정도의 정보는 줄 수 있을 것으로 생각된다(15).

내시경은 방사선에 노출이 없고 Müller법을 이용한 검사가 가능하고 상부기도를 직접 볼 수 있다는 장점은 있으나 검사시 국소마취제의 사용에 따른 영향이 있을 수 있고 내시경이 stent역할을 할 수 있으며 동시에 다른 위치의 검사가 불가능하여 내시경을 움직이면서 각 부위를 관찰해야 하고 내시경에 의해 기류의 변화와 상기도 저항의 증가가 올 수 있다는 점과 상기도의 연부조직구조의 내경만 관찰할 수 있는 점과 피검자의 검사에 대한 협조(ability to tolerate endoscopy) 등에 영향을 받을 수 있어 결과의 해석에 주의가 필요하다(16,17).

2. 두개골계측(Cephalometry)

두개골계측(cephalometry)는 측면 방사선검사로 두경부의 골부와 연부조직을 검사하는 것이다. 두개골계측은 두개안면과 상부기도 연부조직의 구조이상을 보여주며 폐쇄성 무호흡증에서 하악의 후방 전위, 좁은 후기도공간, 설골

하방 전위, 긴 혀와 연구개 등이 관찰된다(21). Tsuchiya 등(22)은 84명의 폐쇄성 무호흡증 환자를 두개골 계측과 컴퓨터 단층 촬영검사로 폐쇄성 무호흡증은 비만과 두개안면구조의 복합적 효과에 의한다고 보고하였다.

이 검사는 쉽게 검사할 수 있고 다른 검사법들보다 저렴하지만 검사와 해석에서 표준화가 필요하고 수면 중이나 누워서 검사할 수 없으며 이차원적 검사로 부피와 좌우의 구조관계를 알 수 없는 단점을 가지고 있다(17).

3. 형광투시검사(Fluoroscopy)

방사선을 이용한 상기도 내부를 관찰하는 형광투시검사(fluoroscopy)는 barium을 사용하여 혀와 연구개의 윤곽을 더욱 뚜렷이 볼 수 있고 수면다원검사와 동시에 검사(somnofluoroscopy)할 수도 있다.

형광투시검사를 이용한 연구에서 상기도 폐쇄는 주로 후구개 부위(retropalatal region)로 Suratt 등(18)은 6명의 환자를 검사하여 수면 중 검사에서 흡기시에 연구개가 후인두벽과 혀에 닿아 폐쇄가 이루어진다고 보고하였다. Walsh 등(19)은 폐쇄성 무호흡증 환자 40명을 검사하여 이중 대부분은 연구개인두(velopharynx)에서 폐쇄가 시작하여 아래쪽으로 하인두로 진행된다고 보고하였으며 Pepin 등(20)도 비슷한 결과를 보고하였다.

이 진단법은 각성시와 수면 중에 상부기도를 검사할 수 있고 상기도를 이루는 골 구조(설골, 경추, 하악골 등)를 잘 관찰할 수 있으며 마취제를 사용하지 않고 검사할 수 있으나 방사선에 노출이 심하여 수면 전 기간을 관찰할 수 없으며 기도크기의 측정이 정확하지 않을 수 있고 주위연부조직의 미세한 움직임을 보는데 미약하며 기도의 단면적측정이 어려운 단점이 있다(16,18,23).

4. 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography : CT)

컴퓨터 단층촬영은 검사대 위에 누워서 고정된 상태로 비인두에서 하인두까지 검사를 할 수 있다. 수면무호흡증환자의 상부기도의 정확한 형태를 알기 위해서는 상부기도와 주위연부조직의 정확한 크기를 아는 것이 중요하며 CT는 비교적 세밀한 해부학적인 정보를 제공하고 기도 단면적을 정확히 특정할 수 있다는 점에서 유용하다.

Suratt 등(18)은 각성상태의 비만인 무호흡환자와 비만하지 않은 대조군 사이의 상기도의 협부크기를 비교하였다. 대조군과 비교에서 연구개인두 부위에서 가장 좁아졌으며 일부 환자들에서는 완전한 폐쇄를 보였다. Horner 등(24)은 수면무호흡증 환자의 수면 중 CT 검사를 실시하여 모든 환자에서 연구개인두(velopharynx)가 폐쇄되는 부위라고

보고하였다. 그러나 폐쇄되는 길이는 일정하지 않았으며 50%의 환자에서 연구개 아래로 폐쇄부위가 연장되었다. 폐쇄의 원인으로는 인두벽의 외측이동(lateral displacement)도 관찰되었으나 주로 연구개와 혀의 후방이동(posterior displacement)에 의한 것이었다.

이 검사는 비침습적이고 상부기도의 단면적을 정확히 측정할 수 있으며 정확한 기도와 골부의 축상(axial) 영상을 얻을 수 있다. 하지만 비용이 비싸고 방사선에 노출되며 상부기도 연부조직영상의 정확성이 떨어지고 관상(coronal)과 시상(sagittal) 영상을 얻을 수 없는 단점이 있다(17). 또한 고식적 단층촬영은 각성시에 촬영하는 정적인 영상으로 호흡운동에 따른 빠른 상기도의 변화를 측정할 수 없다.

5. 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging : MRI)

상부기도 검사에 높은 해상력을 가지는 자기공명영상을 이용할 수 있다. 지방분포와 조직 수분함량의 증가와 관련된 상태를 잘 보여주므로 상부기도의 연부조직검사에 이상적이라고 할 수 있다(25).

CT와 같이 누워서 검사하고 정확한 상부기도의 단면적 측정이 가능하다. 기도와 연부조직의 정확한 영상을 얻을 수 있고 비침습적이며 다양한 축으로 영상을 얻을 수 있다. 또 3차원적 영상의 재건이 가능하고 방사선에 노출이 없어 연속적인 연구(sequential study)가 가능한 장점이 있으나 검사시간이 길어 호흡이나 연하(swallowing)에 의한 motion artifact를 나타낼 수 있다. 단점으로는 비싸며 수면 전 기간을 검사할 수 없으며 좁은 공간에 오랫동안 있어야 하므로 폐쇄공포증이 있는 환자에서는 실시할 수 없고 소음문제와 수면 유도시 수면제가 필요하고 인공심박동기 등을 착용한 사람에게도 검사가 불가능하다.

상부기도의 MRI 영상은 CT와 비슷한 방법으로 분석된다(25). Rodenstein 등(26)은 폐쇄성 무호흡증 환자와 코골이 환자와 정상인을 대상으로 MRI를 이용하여 상부기도의 크기와 모양을 측정하여 뚜렷한 모양의 차이를 보고하였다. 폐쇄성 무호흡증 환자에서는 상부기도가 시상면에서(sagittal plane) 장축으로 타원형의 모양을 보이지만 코골이 환자들에서는 원형의 모양을 보이고 정상인에서는 관상면에서(coronal plane)에서 장축으로 타원형의 형태를 나타내었다. Horner 등(27)은 MRI를 이용하여 수면무호흡증 환자와 정상인에서 연구개, 혀, 인두부에서 지방 침착(fat deposition)을 검사하여 무호흡증 환자의 모든 부위에서 비정상적으로 많은 지방 침착을 관찰할 수 있었다. 이것은 비정상적 지방이 구인두의 모양, 크기, compliance를 변화시켜

수면 중 폐쇄의 위험이 더 높일 수 있다는 것을 의미한다. 폐쇄부위에 대한 연구에서는 수면 중 수면무호흡증 환자의 MRI를 이용한 연구에서 주로 연구개인두 부위에서 폐쇄를 보였다(10,28-30).

6. 전자선 단층 촬영(Electron Beam Tomography : EBT)

위에서 언급된 방법은 대부분이 수면 중이 아닌 각성상태에서 검사한 것으로 수면 중에는 각성시에 비해 인두 확장근의 긴장도가 떨어져 협착이 심화되며 호흡에 따라 기도내경의 변화가 심해지는 등의 역동적 변화가 있어 수면 중 병태생리를 정확히 측정할 수 없다.

기존 CT는 스캔시 고압케이블의 꼬임을 방지하기 위해 회전 후 반대방향으로 회전을 해야 함으로써 회전 변환에 따른 스캔 사이의 지연이 불가피하여 스캔 속도의 단축에 제한이 있었으나 EBT는 방사선을 발생시키는 타겟을 210도로 배열하여서 기존 CT와 같이 환자주위를 돌면서 스캔하는 효과는 가지지만 실제적인 물리적 회전이 없으므로 스캔 시간을 20배나 단축하게 되었다. 또한 4열의 타겟과 2열의 검출기를 배열하여 검사대의 이동이 없이 최대 12장의 인접한 영상을 동시에 얻어 11 cm의 길이를 촬영할 수가 있으므로 일정시간내의 연속적인 영상이나 특정시간 주기의 영상을 12수준으로 동시에 얻을 수 있어 움직임이 있는 환자나 소아환자의 검사, 심장기능검사, 관상동맥검사, 흉복부 등의 영상 촬영이 가능하다. 방사선 노출량은 일반적인 컴퓨터 단층촬영을 한번 할 때 받는 양과 비슷하며 횡행투시 검사보다는 훨씬 적은 양이다(7,23,31-34).

예 등(35)은 전자선 단층 촬영을 이용, 폐쇄성 수면무호흡증 환자를 촬영하여 각성상태와 비교하여 수면 중에 구개수와 설근부에 해당하는 중구인두 부위에서 최소 단면적과 체적이 큰 쪽으로 감소하였음을 보고하였다. 또한 수면 중에 상기도의 폐쇄가 한 군데가 아닌 여러 군데에서 협착부가 발생하는 현상을 관찰할 수 있었다. Stein 등(31)은 폐쇄성 무호흡증 환자 8명을 검사하여 모든 환자에서 구개수와 구인두에서 폐쇄를 확인하였으며 폐쇄부의 길이는 환자에 따라 차이가 많음을 보고하였다. Crumley 등(7)의 연구에서도 비슷한 부위(연구개와 구인두)에서의 폐쇄를 보여주었다. 이처럼 전자선 단층 촬영은 짧은 스캔시간으로 호흡에 따른 기도면적변화를 거의 동시에 전 상기도 전체를 검사할 수 있어 정확한 폐쇄위치와 범위를 알 수 있으므로 치료 방법을 결정 하는 데도 유용하다고 할 수 있다. 그렇지만 장비가 고가이며 유지비가 많이 소요되고 기존 360도의 주사방식에서 210도의 주사방식으로 해상능의 한계

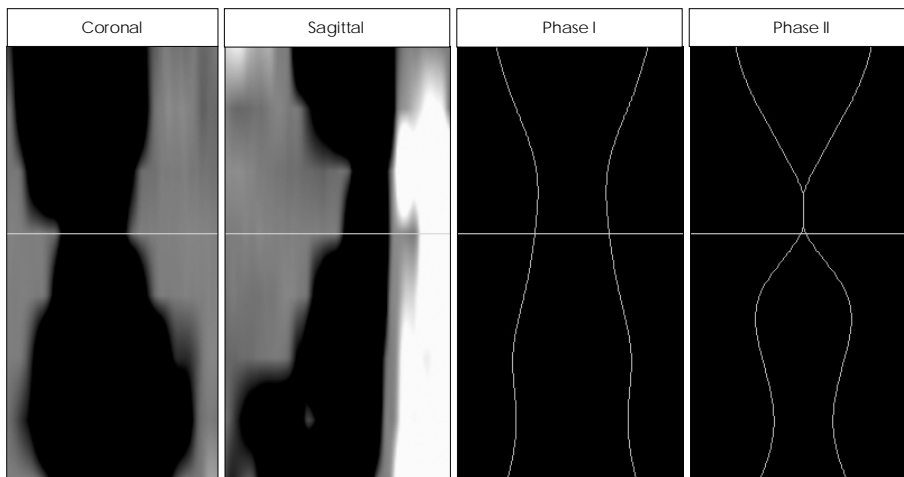


Fig. 1. The simulated longitudinal display of the oropharynx showing the results of MD-CT in awake and asleep states. Coronal : coronal scout view of oropharynx, sagittal : sagittal scout view of oropharynx, phase 1 : minimal cross sectional area of oropharynx during respiration in awake state, phase 2 : maximal cross sectional area of oropharynx in asleep state. The U (uvula) line means uvular levels of oropharynx.

가 있는 점 등이 단점으로 지적되고 있다.

7. Multi Detector 컴퓨터 단층 촬영(MD-CT)

나선형 컴퓨터 단층 촬영에서 한 단계 진보된 컴퓨터 단층 촬영 기술로 여러 개의 열로 구성된 검출기(detector array)에 의해 1회의 회전으로 다수의 영상을 획득할 수 있어 스캔 시간이 단축되며 얇은 슬라이스 두께의 스캔으로 영상의 해상력도 향상되었고 다양한 면의 영상과 3차원영상도 제공할 수 있게 되었다. 또 짧은 스캔 시간으로 심장의 기능적 검사, 혈관 촬영, 전신촬영 등이 가능하며 조영제량의 감소와 방사선 피폭의 감소를 가져왔다. EBT보다 해상력이 뛰어나며 유지비는 이전의 CT와 같은 수준으로 전자선 단층 촬영에 비해 적게 드는 장점을 가져 종래의 전자선단층촬영과는 달리 보다 쉽게 사용할 수 있다. 그러나 전자선 단층 보다는 촬영시간이 길어지는 단점은 있다. MD-CT는 현재 국내에 이미 다수가 보급이 되어 있어 보다 쉽게 임상에 응용할 수 있을 것으로 생각된다.

MD-CT 촬영으로 얻어진 단면적의 수치 데이터를 컴퓨터에서 프로그램을 이용하여 구강인두의 가상조축선도(simulated longitudinal diagram)(그림 1)을 그려 상기도의 각 성시 및 수면시의 형태를 한눈에 알 수 있을 뿐만 아니라 수술전 외래에서 환자에게 기도 상태를 쉽게 설명할 수 있는 장점이 있다.

저자들은 코골이를 주소로 내원하여 EBT를 촬영한 20명의 환자와 MD-CT로 촬영한 20명의 환자의 결과를 비교하여 MD-CT가 수면무호흡증환자의 상기도 검사에 매우 유용한 방법임을 확인 할 수 있었으며(36) 각성시와 수면시의 각각의 역동적인 상부기도의 변화를 MD-CT를 이용하여 검사하여 수면 중 신체 위치에 따라 상기도 내경의 변화를 객관적으로 확인할 수 있어(37) MD-CT가 수면무

호흡증환자의 수면중 폐쇄부위를 확인하는데 매우 유용할 뿐 아니라 향후 수면무호흡증의 병태생리를 이해하는 연구에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

결 론

폐쇄성 수면무호흡증 환자의 상기도는 수면시에 역동적 변화를 보임으로 정적 영상보다는 역동적 검사 방법이 보다 정확한 폐쇄부위 및 정도를 아는데 도움이 될 것으로 생각된다. 역동적 검사방법들도 수면을 유도하기 위해 약물을 투여하여 상기도의 기도근육에 영향을 줄 수 있으며, 수면 중 단시간 내에 촬영이 이루어지므로 수면의 주기에 따른 다양한 변화를 알 수 없다는 단점을 가지고 있어 극복되어야 할 한계상황으로 생각된다.

중심 단어 : 폐쇄성 무호흡증 · 컴퓨터 단층 촬영.

REFERENCES

1. Guilleminault C, Dement WC. Sleep apnea syndromes and related sleep disorders. In: Sleep Disorder: Diagnosis and Treatment, ed by Williams RL, and Karacan I. New York, Wiley;1978
2. Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J, Weber S, Badr S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. N Engl J Med 1993;328:1230-1235
3. Ip MS, Lam B, Laufer IJ, Tsang KW, Chung KF, Mok YW, Lam WK. A community study of sleep disordered breathing in middle-aged Chinese men in Hong Kong. Chest 2001;119:62-69
4. Ip MS, Lam B, Tang LC, Laufer IJ, Ip TY, Lam WK. A community study of sleep-disordered breathing in middle-aged Chinese women in Hong Kong: prevalence and gender differences. Chest 2004;125:127-134
5. White DP. Central sleep apnea. Med Clin North Am 1985;69:1205-1219
6. Ingbar DH, Gee JB. Pathophysiology and treatment of sleep apnea. Annu Rev Med 1985;36:369-395
7. Crumley RL, Stein M, Gamsu G, Goldon J, Dermon S. Determination

- of obstructive site in obstructive sleep apnea. *Laryngoscope* 1987; 97:301-308
8. Badr MS, Toiber F, Skatrud JB, Dempsey J. Pharyngeal narrowing/occlusion during central sleep apnea. *J Appl Physiol* 1995;78: 1806-1815
 9. Morrell MJ, Arabi Y, Zahn BR, Meyer KC, Skatrud JB, Badr MS. Effect of surfactant on pharyngeal mechanics in sleeping humans: implications for sleep apnoea. *Eur Respir J* 2002;20:451-457
 10. Suto Y, Matsuo T, Kato T, Hori I, Inoue Y, Ogawa S, Suzuki T, Yamada M, Ohta Y. Evaluation of the pharyngeal airway in patients with sleep apnea: value of ultrafast MR imaging. *Am J Roentgenol* 1993; 160:311-314
 11. Woodson BT, Wooten MR. Comparison of upper-airway evaluations during wakefulness and sleep. *Laryngoscope* 1994;104:821-828
 12. Rojewski TE, Schuller DE, Clark RW, Schmidt HS, Potts RE. Synchronous video recording of the pharyngeal airway and polysomnograph in patients with obstructive sleep apnea. *Laryngoscope* 1982; 92:246-250
 13. Remmers JE, Launois S, Feroah T, Whitelaw WA. Mechanics of the pharynx in patients with obstructive sleep apnea. *Prog Clin Biol Res* 1990;345:261-268
 14. Isono S, Remmers JE, Tanaka A, Sho Y, Sato J, Nishino T. Anatomy of pharynx in patients with obstructive sleep apnea and in normal subjects. *J Appl Physiol* 1997;82:1319-1326
 15. Goldberg AN, Schwab RJ. Identifying the patient with sleep apnea: upper airway assessment and physical examination. *Otolaryngol Clin North Am* 1998;31:919-930
 16. Rama AN, Tekwani SH, Kushida CA. Sites of obstruction in obstructive sleep apnea. *Chest* 2002;122:1139-1147
 17. Schwab RJ, Goldberg AN. Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngol Clin North Am* 1998;31: 931-968
 18. Suratt PM, Dee P, Atkinson RL, Armstrong P, Wilhoit SC. Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:487-492
 19. Walsh JK, Katsantonis GP, Schweitzer PK, Verde JN, Muehlbach M. Somnofluoroscopy: cineradiographic observation of obstructive sleep apnea. *Sleep* 1985;8:294-297
 20. Pepin JL, Ferretti G, Veale D, Romand P, Coulomb M, Brambilla C, Levy PA. Somnofluoroscopy, computed tomography, and cephalometry in the assessment of the airway in obstructive sleep apnoea. *Thorax* 1992;47:150-156
 21. Strelzow VV, Blanks RH, Basile A, Strelzow AE. Cephalometric airway analysis in obstructive sleep apnea syndrome. *Laryngoscope* 1988;98:1149-1158
 22. Tsuchiya M, Lowe AA, Pae EK, Fleetham JA. Obstructive sleep apnea subtypes by cluster analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:533-542
 23. Katsantonis GP, Walsh JK. Somnofluoroscopy: its role in the selection of candidates for uvulopalatopharyngoplasty. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1986;94:56-60
 24. Horner RL, Shea SA, McIvor J, Guz A. Pharyngeal size and shape during wakefulness and sleep in patients with obstructive sleep apnoea. *Q J Med* 1989;72:719-735
 25. Ryan CF, Lowe AA, Li D, Fleetham JA. Magnetic resonance imaging of the upper airway in obstructive sleep apnea before and after chronic nasal continuous positive airway pressure therapy. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:939-944
 26. Rodenstein DO, Dooms G, Thomas Y, Liistro G, Stanescu DC, Culee C, Aubert-Tulkens G. Pharyngeal shape and dimensions in healthy subjects, snorers, and patients with obstructive sleep apnoea. *Thorax* 1990;45:722-727
 27. Horner RL, Mohiaddin RH, Lowell DG, Shea SA, Burman ED, Longmore DB, Guz A. Sites and sizes of fat deposits around the pharynx in obese patients with obstructive sleep apnoea and weight matched controls. *Eur Respir J* 1989;2:613-622
 28. Yokoyama M, Yamanaka N, Ishii H, Tamaki K, Yoshikawa A, Morita R. Evaluation of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea: study by ultrafast MR imaging. *Acta Otolaryngol Suppl* 1996;523: 242-244
 29. Yoshida K, Fukatsu H, Ando Y, Ishigaki T, Okada. Evaluation of sleep apnea syndrome with low-field magnetic resonance fluoroscopy. *Eur Radiol* 1999;9:1197-1202
 30. Ikeda K, Ogura M, Oshima T, Suzuki H, Higano S, Takahashi S, Kurosawa H, Hida W, Matsuoka H, Takasaka T. Quantitative assessment of the pharyngeal airway by dynamic magnetic resonance imaging in obstructive sleep apnea syndrome. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2001; 110:183-189
 31. Stein MG, Gamsu G, Geer G, Golden JA, Crumley RL, Webb WR. Cine CT in obstructive sleep apnea. *Am J Roentgenol* 1987;148: 1069-1074
 32. Ell SR, Jolles H, Galvin JR. Cine CT demonstration of nonfixed upper airway obstruction. *American Roentgen Ray Society* 1986;146: 669-677
 33. Ye MK, Kim KH. Diagnosis of obstructive sleep apnea syndrome. *J Clinical Otolaryngol* 2001;12:22-32
 34. Burger CD, Stanson AW, Sheedy II PF, Daniels BK, Shepard JW. Fast-computed tomography evaluation of age-related changes in upper airway structure and function in normal men. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:846-852
 35. Ye MK, Kim CG, Shin SH, Lee SH, Lee JM, Choi JK. Dynamic Upper Airway Study in Snoring Subjects using Electron Beam Tomography. *Korean J Otolaryngol* 2003;46:120-125
 36. Kim JS, Lee CM, Lee KY. Dynamic Upper Airway Study in Snorers with electron beam tomography and multi detector computed tomography. *Korean J Otolaryngol* 2004 (in press)
 37. Kim JS, Shon JH, Lee KY. The influence of body position on upper airway in obstructive sleep apnea during sleep. *Korean J Otolaryngol* 2004 (in press)