

## 상부기도협착의 평가에서 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상의 유용성<sup>1</sup>

장원호 · 윤대영 · 배상훈 · 노영수<sup>2</sup> · 정인교<sup>2</sup>

**목 적 :** 상부기도협착의 진단에 있어 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상의 유용성을 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법 :** 임상적으로 상부기도의 협착이 의심되었던 10예를 대상으로 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상을 구성하였다. 8예에서 협착이 있었으며 그 원인은 기관압박 및 기관절개술 6예, 결핵 1예, 갑상선 증괴에 의한 외인성 압박 1예였다. 나선식 CT는 테이블 이동속도 3mm/sec, CT 절편두께 3mm로 촬영하여 후두개에서부터 기관까지 9cm를 스캔하였으며 스캔후 2mm 간격으로 횡단면영상을 만든 후 MPR (multiplanar reformation) 및 SSD (shaded surface display) 기법을 이용하여 3차원적 재구성을 하였다. 병변의 위치 및 범위의 평가에 있어 MPR 및 SSD영상을 횡단면영상 (n=10), 내시경소견 (n=9) 및 수술소견 (n=6)과 비교하였다.

**결 과 :** 협착이 있었던 8예에서 협착의 위치는 기관개구부 4예, 성문하부 3예, 후두 1예였다. 8예 모두 3차원적 영상에서 병변의 위치 및 범위를 쉽게 인지할 수 있었으며 이러한 소견이 내시경 및 수술소견과 일치하였으나 이중 1예에서는 스캔범위밖의 기관분지부에 또 다른 협착부위가 있어 이를 발견하지 못하였다. 3차원적 영상에서 협착이 없었던 2예는 임상소견과 수술로서 협착이 없음 을 확인하였다. 또한 협착의 위치 및 범위를 판정함에 있어 CT 횡단면영상, MPR 및 SSD 사이에는 차이가 없었으나 3차원적 영상이 횡단면영상보다 병변의 범위를 쉽게 인지할 수 있다는 장점이 있었다.

**결 론 :** 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상은 다양한 원인의 상부기도 협착의 평가에 있어 유용한 보조적 검사로 사료된다.

### 서 론

상부기도 협착은 기관압박 (intubation) 및 기관절개술 (tracheostomy), 감염, 외상, 종양 등에 의해 발생할 수 있으며 (1) 단순촬영이나 전산화단층촬영술 (computed tomography, 이하 CT로 약칭) 등으로 대부분 쉽게 진단할 수 있다. 그러나 상부기도 협착에서 영상진단의 목적은 협착의 존재유무뿐 아니라, 그 범위 및 정도를 정확히 파악하여 적절한 치료를 선택할 수 있도록 도움을 주기 위한 것이다 (2-4).

나선식 CT (spiral CT)를 이용한 3차원적 재구성영상은 병변부위를 보다 입체적으로 관찰할 수 있어 이러한 목적을 충족시킬 수 있을 것으로 생각된다. 3차원적 재구성의 방법에 있어 기존문헌의 대부분은 air casting 기법을

이용하고 있다 (2,4). 그러나 air casting 기법은 주위 골구조물을 삭제하는 전처치가 필요하므로 시간이 많이 소요되는 단점이 있어 저자들은 재구성시간을 단축할 수 있는 다른 방법으로 shaded surface display (이하 SSD로 약칭) 영상에서 깎아들어가는 방법 (peeling-away method)을 이용하였다 (11). 이 논문에서는 상부기도 협착의 평가에서 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상의 유용성과 제한점을 중심으로 기술하고자 하며 재구성방법에 대해서도 언급하기로 하겠다.

### 대상 및 방법

1995년 6월부터 1996년 4월까지 11개월동안 본원에서 상부기도 협착이 의심되어 나선식 CT를 이용한 3차원적 영상을 얻었던 10명의 환자를 대상으로 하였다. 악성종양은 상부기도 협착의 대표적인 원인중 하나이지만 방사선학적 검사에서의 주된 관점이 기도협착이 아니며 또한 치료방법이 양성협착과는 전혀 다르므로 대상에서 제외하였다. 대상환자의 성별은 남자 5명 여자 5명으로 나이는 4세에서

<sup>1</sup> 한림대학교 의과대학 진단방사선과학교실

<sup>2</sup> 한림대학교 의과대학 이비인후과학교실

이 논문은 1996년 6월 28일 접수하여 1996년 9월 20일에 채택되었음

65세로 평균 40.6세였다.

10예중 8예에서 상부기도 협착이 확인되었으며 그 원인은 기관삼판 및 기관절개술 6예, 후두결핵 1예, 갑상선 종괴에 의한 외인성 압박 1예였다. 그러나 외상에 의한 후두연골 (laryngeal cartilage) 손상이 있었던 1예와 원인은 알 수 없으나 호흡성 흡착음이 들려 협착이 의심되었던 1예 등 2예에서는 협착이 없는 것으로 확인되었다.

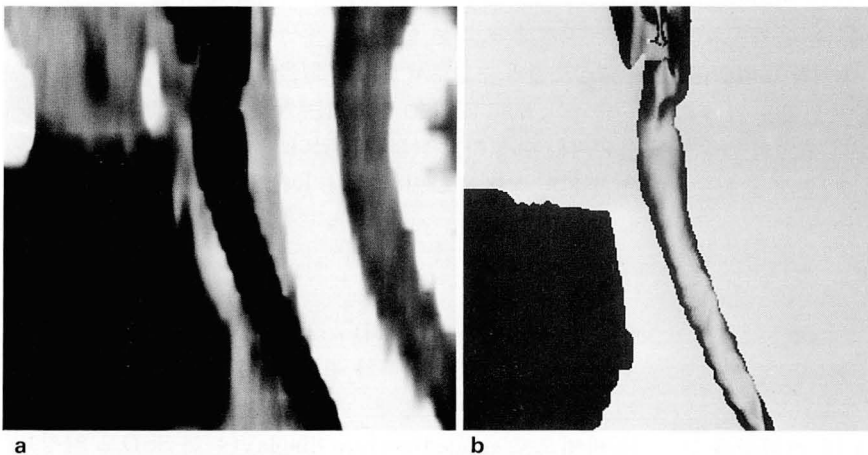
총 10예중 CT 3차원 영상에서 정상소견을 보인 소아 1예를 제외한 9예에서 후두경검사 (laryngoscopy) 및 기관절개부위를 통한 기관지경검사 (tracheoscopy)를 시행하였으며 그중 6예에서 기도를 여는 수술을 시행하였다.

CT는 모든 예에서 SOMATOM PLUS-S(Siemens, Erlangen, Germany)의 spiral mode를 이용하였다. 검사방법은 최대흡기상태에서 1회 호흡정지후 CT 절편두께(section thickness) 3mm, 테이블 이동속도(table feed speed) 3mm/sec, pitch 1:1로 30초 동안 후두개 (epiglottis)부터 하방으로 9cm를 스캔하였다. 스캔후 2mm 간격으로 횡단면영상을 재구성하여 45개의 횡단면영상을 얻었으며 이를 검토한후 3차원적 재구성영상을 얻을 단면들을 결정하

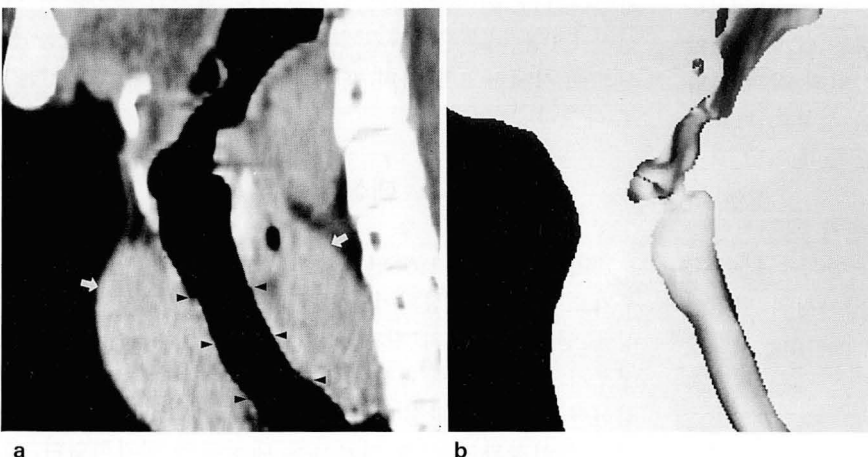
였다. 횡단면으로 얻은 스캔 데이터를 CT기기에 내장된 소프트웨어 프로그램을 이용하여 SSD 및 multiplanar reformation (이하 MPR로 약칭)을 얻었다.

MPR 영상은 1mm 절편두께의 관상면 (coronal plane) 및 시상면 (sagittal plane)을 기준으로 하였으며 필요하다고 판단한 경우는 사위(oblique)관상면 및 사위시상면 영상을 추가로 얻었다. 또한 SSD 영상은 -150HU의 threshold level에서 3차원적 영상을 구성한 후 관상면과 시상면에서 깎아들어가는(peeling)방법을 사용하여 얻었다. 모든 3차원적 재구성작업은 경험이 많은 방사선과 의사가 시행하였으며 전예에서 10분 이내에 모든 재구성작업을 완료할 수 있었다. 모든 예에서 조영증강은 시행하지 않았으며 호흡곤란이 있는 환자에서는 필요에 따라 산소를 공급하였다.

상부기도 협착이 있었던 8예의 3차원적 영상에서 병변의 위치 및 범위를 평가하여 내시경 및 수술소견과 비교하였으며 MPR, SSD 및 CT 횡단면영상사이에서도 비교해 보았다.



**Fig. 1.** Three-dimensional imaging of 4-year-old boy with normal airway.  
a. The sagittal MPR image shows excellent visibility of normal airway with adjacent bony and cartilaginous structures.  
b. SSD image with peeling method obtained at the same level shows airway without visualization of adjacent structures. This image shows an airway appearance similar to that obtained with laryngography.



**Fig. 2.** Three-dimensional imaging of 62-year-old woman with huge thyroid goiter.  
a. Oblique sagittal MPR image shows thyroid masses (arrows) with minimal impression on the trachea (arrowheads).  
b. SSD image obtained at the same level shows similar tracheal indentation, however, the relationship between the trachea and masses can not be evaluated.

## 결 과

임상적으로 상부기도 협착이 의심되었던 4세 환아는 3차원적 영상에서 기도협착이 없는 정상적인 소견을 보여 (Fig. 1) 후두경검사를 시행하지 않고 보존적 치료를 시행하여 증상의 호전을 보였고, 증상이 발현한 원인은 명확하게 밝혀지지 않았다. 또한 후두외상에 의한 연골 골절 및 협착을 의심한 1예에서는 갑상연골 (thyroid cartilage) 및 운상연골 (cricoid cartilage)의 골절이 있었으나 골절과 동반된 전위가 없어 상부기도는 정상소견을 보였으며 수술에서도 기도 협착은 관찰되지 않았다.

갑상선 종괴 1예는 선종성 갑상선비대 (adenomatous goiter)로 기관의 전후면에 경미한 압박이 있었고 (Fig. 2), 후두결핵 1예는 후두개 (epiglottis)에서 성문하부까지 양측 후두점막비후로 인한 미만성 협착의 소견을 보였다 (Fig. 3).

기관삽관 및 기관절개술에 의한 협착 6예에서 협착부위는 기관개구 (tracheostoma)가 4예로 가장 많았으며 모든 예에서 병변의 범위가 2cm 이상으로 비교적 넓었고 특히 1예에서는 후두개에서 기관개구까지 미만성의 협착을 보였다 (Fig. 4). 나머지 2예는 협착부위가 성문하부에 위치하고 있었으며 모두 2cm 이하의 국소적인 병변을 보였다.

내시경 및 수술을 시행하였던 9예 중 2예에서는 CT와 내시경 및 수술소견이 일치하지 않았다. 1예에서는 횡단면 및 3차원적 영상에서 성문에서 기관개구까지 미만성의 완전협착소견을 보였으나 후두경소견과 일치하지 않았다. 다음날 기관개구 부위의 분비물에 대한 흡입 (suction)을 시행한 후 다시 시행한 3차원적 CT 영상에서는 성문하부에

국한된 협착만을 보여 후두경 소견과 일치하였다. 이 증례에서 처음 시행했던 3차원적 CT 영상에서의 미만성 협착은 분비물에 의한 가성병변으로 보인다. 또 다른 1예에서는 기관개구 2cm 하방에서 2.5cm 길이의 미만성협착이 있었고 후두경소견과도 일치하여 수술을 시행하였으나 수술 과정에서 기관분지부 직상방에 또 다른 협착부위를 발견하여 단단문합술 (end to end anastomosis)을 시행하지 못하고 육아조직 (granulation tissue)만을 제거하였다. 후향적으로 다시 분석해본 결과 아래쪽 병변은 CT 스캔범위에 포함되지 않았던 것으로 확인되었으며 종전에 삽입한 기관절개 튜브의 끝이 위치하였던 곳으로 추정되었다.

위와 같은 두가지 경우를 제외한다면 병변들의 위치 및 범위의 판정에 있어 3차원적 영상소견과 내시경 및 수술소견사이의 차이는 없었다. 다만 내시경검사는 검사를 시행한 9예 중 비교적 협착정도가 심했던 4예에서 협착의 원위부를 명확하게 판정할 수 없었다는 제한점이 있었다. 또한 횡단면영상과 3차원적 영상에서의 진단자체의 차이는 없었으나 3차원적 영상이 횡단면영상보다 병변의 범위를 좀 더 쉽게 인지할 수 있다는 장점이 있었다. MPR과 SSD사이에는 뚜렷한 차이가 없었으나 SSD에서의 협착의 정도가 MPR보다 약간 과장되어 보이는 경향이 있었다.

## 고 찰

최근 보급이 증가되고 있는 나선식 CT는 스캔시간이 짧고 스캔간 지연 (interscan delay)이 없기 때문에 짧은 시간동안 비교적 넓은 부위를 스캔할 수 있다는 장점이 있다. 또한 나선식 CT는 체적정보수집 (volumetric data acquisition)을 하기 때문에 얻어진 정보를 임의간격의 단면으

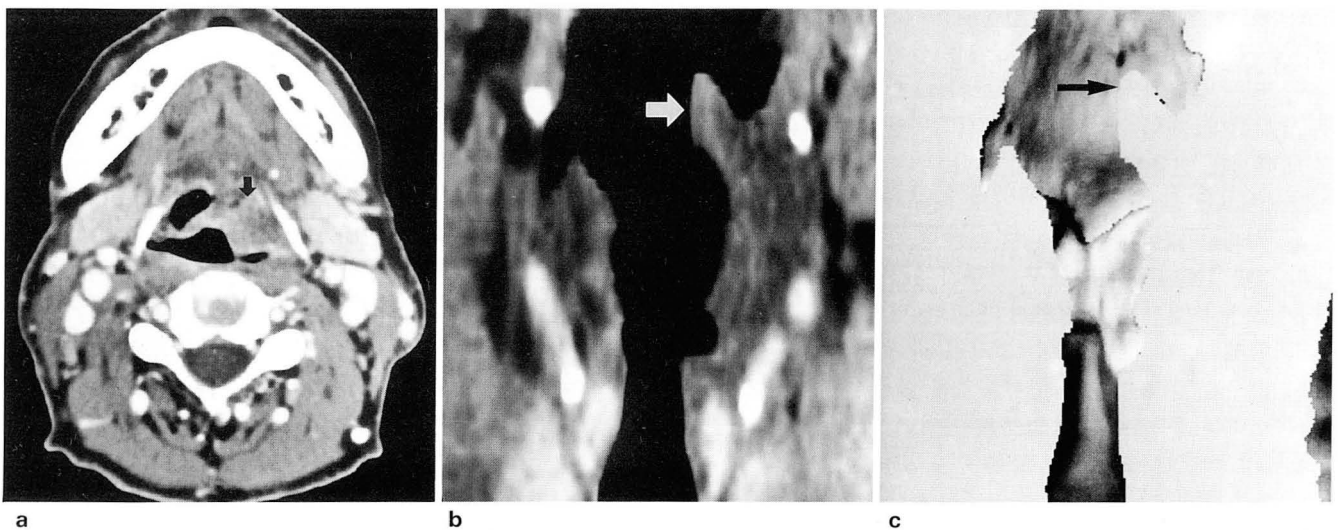


Fig. 3. Three-dimensional imaging of 23-year-old man with laryngeal tuberculosis.

a. Axial CT scan obtained at the level of epiglottis shows asymmetrical thickening of the epiglottis on left side (arrow).

b and c. Coronal MPR (b) and SSD (c) image show diffuse irregularity of the larynx. Arrow indicates asymmetrical thickening of the epiglottis.

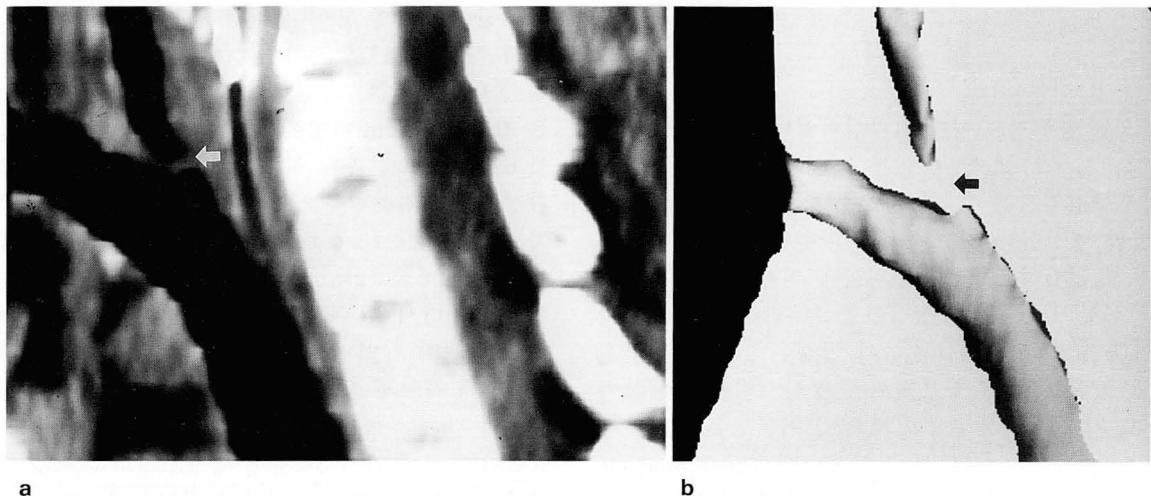


Fig. 4. Three-dimensional imaging of 23-year-old woman with upper airway stenosis.

a and b. Sagittal MPR (a) and SSD (b) images show diffuse narrowing of the airway proximal to the tracheostomy site. And the trachea just proximal to the tracheostomy site is almost completely obliterated (arrow).

로 재구성할 수 있다(5). 따라서 나선식 CT를 이용한 3차원적 재구성영상은 기존의 3차원영상이 가지고 있던 step artifact나 motion artifact를 최소화하여 해상력이 뛰어난 영상을 제공할 수 있게 되었다(6).

따라서 환자의 호흡과 관련되어 기존의 CT로서는 3차원적 영상을 얻기가 어려웠던 상부기도 병변의 진단에도 사용이 가능하게 되었으며(2-4, 7-10), 나선식 CT 및 그 소프트웨어가 발전함에 따라 3차원적 영상의 적용범위 또한 흉곽내의 주기관지 및 흉부병변에 이르기까지 확대되고 있다(11-12). 기존문헌들이 주장하고 있는 3차원적 영상의 장점은 심한 상부기도 협착의 경우에 후두경으로는 보기 어려운 병변의 아래쪽 범위를 비침습적으로 관찰할 수 있다는 것과 머리속에서 횡단면영상을 3차원적 영상으로 전환하는데 익숙하지 않은 임상 의들에게 병변의 범위 및 정도를 쉽게 이해하게 할 수 있다는 점이다(4, 7-9). 저자들의 짧은 경험에서도 이 두가지가 가장 대표적인 장점으로 생각된다. 대다수의 문헌들에서 3차원적 영상의 제한점에 대해서는 언급된 바가 많지 않다.

나선식 CT를 이용한 상부기도 재구성영상에서의 제한점 중 하나는 분비물에 의한 가성병변으로 생각된다. 저자들의 경우 1예에서 기관개구 상부가 완전폐색을 보였으나 다음날 다시 검사를 시행하여 경미한 협착이 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 문제는 검사를 시행하기 전에 분비물에 대한 충분한 흡입을 시행함으로써 예방할 수 있다고 생각된다. 또 다른 제한점은 스캔의 범위에 대한 문제로서 병변부위가 스캔에 포함되지 않을 수도 있다는 것이다. 저자들의 경우 기관절개술후의 협착 1예에서 상부기관에 심한 협착을 발견하여 수술을 시도하였으나 수술시 기관분지부 직상부에 또 다른 협착이 있어 수술을 시행하지 못하였다. 이러한 문제는 스캔의 범위가 좁아서 발생한 것으로 상부기도에서 기관삽관이나 기관절개술에 의한 가장 흔한 협

착부위는 기관개구 및 튜브의 cuff가 위치하였던 부위이나(1, 13), 튜브의 원위부 끝에서도 협착이 발생할 수 있으므로 길이가 긴 튜브를 삽입하였던 경우는 기관분지부까지 스캔범위를 확대하는 것이 바람직하다고 생각된다.

3차원적 재구성의 기법에는 여러가지가 있으나 저자들이 사용한 MPR 기법은 다른 기법들에 비해 작업시간이 짧고 사용하기가 비교적 용이하며 강내 및 강외(intraluminal and extraluminal) 병변을 동시에 볼 수 있다는 장점이 있다(12).

또한 후두연골 등의 해부학적 구조물을 영상내에 포함시킴으로써 수술시 병변부위의 인지가 용이하다는 장점도 있다. 이 방법은 보고자 하는 구조물의 굴곡이 심한 경우는 효과적이지 못하다는 단점이 있으나 기관 및 후두등의 상부기도가 굴곡이 심한 경우는 거의 없기 때문에 문제가 된다고 생각하지는 않으며 전후 및 좌우로 기울어져 있는 경우는 사위관상면이나 사위시상면영상을 얻음으로써 해결할 수 있었다.

기존의 문헌들에서 많이 사용된 air casting 기법은 기본 횡단면영상에서 후두연골과 같은 기도이외의 구조물들을 editing 하는 전처리과정 (preprocessing)이 필요하며 그 후 적절한 threshold 범위를 정하여 이를 SSD로 재구성하는 것으로서 이론적으로는 기도를 입체적으로 볼 수 있는 가장 이상적인 방법이나 울퉁불퉁한 협착부위의 경우 기도 점막에 의한 volume-averaging effect에 의하여 협착정도가 과장되어 보일 수 있으며(3) editing에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다(2-4). 저자들이 사용한 SSD에서 peeling-away하는 방법은 editing이 필요없이 짧은 시간에 재구성을 마칠 수 있음에도 불구하고 기존의 air casting과 유사한 영상을 얻을 수 있다는 장점이 있었다.(11)

상부기도의 3차원적 영상에 대한 기존의 문헌중 흥미로운 결과가 보고된 것이 있다. Silverman 등(2)은 병변을

이해함에 있어 3차원적 영상이 CT 횡단면 영상에 비해 얼마나 더 도움이 되는 지에 대하여 방사선과의사와 이비인후과의사에게 문의한 결과 이비인후과의사가 방사선과의사보다 훨씬 도움이 된다는 대답을 하였다고 하였다. 결국 2차원적인 영상으로부터 3차원적인 영상을 구성한다고 해서 새로운 데이터가 생성되는 것은 아니며 다만 정보의 변환을 통하여 2차원적인 영상에서는 불가능하였던 새로운 각도에서의 관찰을 가능하게 한 것이다. 경험이 많은 방사선과의사는 여러개의 연결된 단면영상으로부터 머리속에서 나름대로의 입체적인 구조물을 그려낼 수 있으나 이러한 과정은 개인의 지식, 경험의 차이에 따라 그 구성과 분석에 차이가 있을 수 있다. 또한 숙달된 방사선과의사가 머리속으로 완전한 3차원적 구조물을 인지하였다고 하더라도 그것이 임상자에게 완전하고 구체적으로 전달되는 것은 아니다. 따라서 3차원적인 영상은 머리속에서 2차원적 영상을 3차원적으로 재구성하는 과정에서 개인간의 관념 차이로 인하여 발생하는 분석의 오차를 줄여줄 수 있으며, 실제로 임상자들의 병변에 대한 이해를 쉽게 하여 치료계획의 수립에 도움을 줄 수 있으리라 생각된다.

결론적으로 상부기도협착에서 3차원적 재구성영상은 병변의 범위를 입체적으로 관찰할 수 있으므로 이를 통해 임상자에게 명확한 영상전달을 가능하게 하여 수술전 해부학적 이해와 적절한 치료계획수립에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Grillo HC, Zannini P, Michelassi F. Complications of tracheal reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* **1986**;91:322-328
2. Silverman PM, Zeiberg AS, Sessions RB, Troost TR, Zeman RK. Three-dimensional imaging of the hypopharynx and larynx by means of Helical(Spiral) CT: comparison of radiological and otolaryngological evaluation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* **1995**;104:425-431
3. Newmark GM, Conces DJ, Kopecky KK. Spiral CT evaluation of the trachea and bronchi. *J Comput Assist Tomogr* **1994**;18:552-554
4. Manson D, Babyn P, Filler R, Holowka S. Three-dimensional imaging of the pediatric trachea in congenital tracheal stenosis. *Pediatr Radiol* **1994**;24:175-179
5. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral(helical) CT. *Radiology* **1993**;189:647-656
6. Suojanen JN, Mukherji SK, Dupuy DE, Takahashi JH, Costello P. Spiral CT in the evaluation of head and neck lesions: work in progress. *Radiology* **1992**;183:281-283
7. Stern EJ, Graham CM, Webb WR, Gamsu G. Normal trachea during forced expiration: dynamic CT measurements. *Radiology* **1993**;187:27-31
8. Silverman PM, Zeiberg AS, Sessions RB, Troost TR, Davros WJ, Zeman RK. Helical CT of the upper airway: normal and abnormal findings of three-dimensional reconstructed images. *AJR* **1995**;165:541-546
9. Meglin AJ, Biedlingmaier JF, Mirvis SE. Three-dimensional computerized tomography in the evaluation of laryngeal injury. *Laryngoscope* **1991**;101:202-207
10. 정동학, 봉정표, 이운우, 노정래, 성기준. 기관협착증에서 3차원적 영상 진단의 의의. *대한기관식도과학회지* **1995**;1:82-93
11. Stern RL, Cline HE, Johnson GA, Ravin C. Three-dimensional imaging of the thoracic cavity. *Invest Radiol* **1989**;24:282-288
12. Costello P. Spiral CT of the Thorax. *Semin US CT MRI* **1994**;15:90-106
13. Pearson FC, Andrew MJ. Detection and management of the tracheal stenosis following cuffed tube tracheostomy. *Ann Thorac Surg* **1971**;12:359

## The Usefulness of Three-Dimensional Imaging with Spiral CT in the Evaluation of Upper Airway Stenosis<sup>1</sup>

Won Ho Jang, M.D., Dae Young Yoon, M.D., Sang Hoon Bae, M.D.  
Young Soo Rho, M.D.<sup>2</sup>, Yin Gyo Jung, M.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Hallym University College of Medicine

<sup>2</sup>Department of Otolaryngology, Hallym University College of Medicine

**Purpose:** To assess the usefulness of three-dimensional (3D) spiral CT imaging in patients with upper airway stenosis.

**Materials and Methods:** We performed 3D spiral CT imagings in ten patients in whom upper airway stenosis was clinically suspected. Eight of these patients had upper airway stenosis caused by intubation or tracheostomy (n=6), tuberculosis (n=1), or extrinsic compression by a thyroid mass (n=1). Spiral CT scanning (30-second continuous exposure and 90-mm length) was performed with a table speed of 3mm/sec and a section thickness of 3mm. The selected starting point was the epiglottis. The resulting data were reformatted by multiplanar reformation (MPR) and shaded surface display (SSD) with peeling after reconstruction of 2mm interval. In the evaluation of location and extent of stenosis, we compared findings of 3D imaging with those of baseline axial images (n=10), endoscopy (n=9) and operation (n=4).

**Results:** The locations of stenosis in eight patients were as follows: tracheostoma (n=4), subglottic region (n=3), and larynx (n=1). In all eight patients, 3D imaging demonstrated the location and extent of stenosis, which exactly correlated with endoscopic and operative findings. In one patient, however, another stenotic area in the tracheal bifurcation was not discovered because this lesion was not included in the field of CT scan. In two patients, the diagnosis on 3D images of 'no stenosis' was confirmed by clinical findings or operation. No differences in diagnostic accuracy were noted between axial images, MPR, and SSD when evaluating the location and extent of stenosis; vertical extent was shown more easily by 3D imaging than by axial images, however.

**Conclusion:** 3D imaging with spiral CT may be a useful adjunctive method in the evaluation of upper airway stenosis with variable causes.

**Index Words:** Trachea, stenosis or obstruction

Trachea, CT

Computed tomography (CT), helical

Computed tomography (CT), three-dimensional

Address reprint requests to: Dae Young Yoon, M.D., Department of Radiology, Hallym University College of Medicine, Kangdong Sacred Heart Hospital # 445-Gil-dong, Kangdong-gu, Seoul, 134-701 Korea.  
Tel. 82-2-224-2312 Fax. 82-2-488-0114