

경부 종물에서 3차원 재건 영상과 적출 조직 사진의 비교

인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실

유 영 삼

= Abstract =

Comparison of 3D Reconstruction Image and Medical Photograph of Neck Tumors

Young Sam Yoo, MD

Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Sanggye Paik Hospital, College of Medicine,
Inje University, Seoul, Korea

Objectives : Getting full information from axial CT images needs experiences and knowledge. Sagittal and coronal images could give more information but we have to draw 3-dimensional images in mind with above informations. With aid of 3D reconstruction softwares, CT data are converted to visible 3D images. We tried to compare medical photographs of 15 surgical specimens from neck tumors with 3D reconstructed images of same patients. **Material and Methods** : Fifteen patients with neck tumors treated surgically were recruited. Medical photograph of the surgical specimens were collected for comparison. 3D reconstruction of neck CT from same patients with aid of 3D-doctor software gave 3D images of neck masses. Width and height of tumors of each photos and images from the same cases were calculated and compared statistically. Visual similarities were rated between photos and 3D images. **Results** : No statistical difference were found in size between medical photos and 3D images. Visual similarity score were higher between 2 groups of images. **Conclusion** : 3D reconstructed images of neck mass looked alike the real photographs of excised neck mass with similar calculated sizes. It could give us reliable visual information about the mass.

KEY WORDS : 3D reconstruction · Medical photograph · Neck tumor.

서 론

CT를 이용하여 신체의 정상적인 구조물 혹은 병적인 상태의 촬영 후 이를 3차원 재건 영상으로 만들어 여러 가지 용도로 활용할 수 있다. 정상 해부학적인 구조들을 보고 교육시키는 도구로 사용하는 것이 가장 많고, 신체의 움직임을 모의실험을 통해 알아보는데 응용되기도 한다. 또한 정형외과에서는 인공관절의 제작을 위한 기초 연구로도 사용되는 등 다양하게 사용되고 있다. 이는 CT로 촬영한 자료를 바탕으로 만들어지고 있고 각 영상에서 필요한 부위의

가장 외곽의 경계선을 수학적인 방법(역치로 이야기 한다)으로 규정지어 경계를 하나의 선으로 그어 있고(경계선 추출, boundary detection이라 한다), 필요한 영역의 모든 사진에서 추출한 경계선 들을 입체적으로 중첩 나열하여 필요한 3차원 입체 영상을 만들게 된다. 경계 추출에서 가장 중요한 것은 경계선을 중심으로 음영이나 색깔 변화가 명확할 수록 좋은데 이런 이유로 정형외과의 수지 분야에서 많은 연구가 있게 된 것 같다.^{1,2)} 즉 수지부위는 골조직과 연부 조직으로만 이루어지고 골부분의 비중이 높은 편이고 구조적으로도 복잡하지 않아 골의 음영을 중심으로 경계를 찾으면 수월하게 3차원 재건 영상 제작이 가능하다. 그에 반해 두경부 영역은 두개골의 돌기와 공간들이 많고 골 자체의 모양도 복잡하다. 정상적인 구조물들로 골로 둘러싸이거나 복잡한 구조물들과 같이 있어 조영제를 사용한 영상을 보더라도 간단한 분석이 쉽지는 않다. 이런 복잡한 구조물을 가진

교신저자 : 유영삼, 139-707 서울 노원구 상계 7동 761-1
인제대학교 의과대학 상계백병원 이비인후과학교실
전화 : (02) 950-1104 · 전송 : (02) 935-6220
E-mail : entyoo@empal.com

두경부에 종물이 생기면 어느 정도의 크기가 되기 전에는 발견이 힘들고 발견되어도 입체적인 모양이나 구조를 분석하기 쉽지 않다. 다행히 neck CT나 MRI, PET CT 등의 발달로 입체적인 영상을 조합할 수 있는 자료들은 많이 축적된 편이다. 최근 neck CT를 이용하여 다양한 형태로 3차원 재건 영상을 만들어 사용하는 연구들이 늘고 있다. 기관지의 구조를 규명하거나³⁾ 후두의 입체 영상을 교육에 응용하거나⁴⁾ 후두에서도 피열연골의 수술후 움직임을 측정하려는 시도들이 그런 것이다.⁵⁾ 임상적으로는 하악골의 종물 수술이나 심한 외상에서 큰 혈관 손상 정도를 추정하는 방법으로도 이 방법들이 응용되고 있다.^{6,7)}

최근에는 컴퓨터의 발달과 소프트웨어의 발전으로 전문가의 도움없이 CT자료를 이용한 3차원 영상 처리가 가능해지고 있다. 특히 경부 종물은 다른 장기의 종물보다 발견율이 적지만 환자나 의사의 입장에서는 더욱 시각화한 자료를 필요로 한다. 이제 저자는 3차원 영상 소프트웨어를 이용하여 경부 종물의 입체영상을 제작하고 적출한 실제 종물을 크기와 모양을 비교하여 그 활용 가능성을 알아보하고자 하였다.

재료 및 방법

2010년 1월1일부터 2010년 9월 30일까지 본원에서 경부종물로 수술을 받은 환자 중 neck CT자료와 적출물의 사진이 있는 환자를 대상으로 하였다.

이 환자 중 무작위로 20명을 선택하여 이들의 자료를 분석 대상으로 삼았다. 이 중 3명은 수술 사진 미비로, 2명은 CT를 사용할 수 없어서 제외하였다. 최종적으로 환자는 총 15명으로 남자 7명, 여자 8명이었다(Table 1).

CT는 TOSHIBA Aquilion으로 Slice Thickness : 2.0 KVP : 120, Exposure : 90, Pixel Spacing : 0.397/ 0.397, Window Center : 50, Window Width : 300을 기본 조건으로 하였고 환자에 따라 약간의 변동은 허용하였다. 자료는 조영제를 사용한 axial CT만을 분석 자료로 활용하였다. CT는 dicom형식의 파일로 저장하였고 3차원 재건용 소프트웨어로 3D-doctor(Ablesoft, USA)를 사용하였다. 화면을 capture하고 수정은Gimp(freeware)로 하였다. 3D-doctor로 CT파일을 불러들인 후 경부종물이 보이는 가장 처음 frame부터 마지막 frame까지 frame별로 종물의 윤곽선이 잘 보이도록 역치를 수시로 조정하였고 자료 처리 전에 길이 보정(calibration)과정을 거쳤다. 화면상 종물의 윤곽선을 따라 경계선(boundary)을 그렸고 종물이 한 덩어리인 경우는 경계선을 한 번에 한 개의 닫힌 도형(보통은 원형에 가까움)으로 그렸고 분리된 것처럼 보이는 경우는 별개의 닫힌 도형으로 그렸다. 경계선은 마우스와 Pen Tablet을 이용하여 가

능한 한 종물의 윤곽선을 따라 그리도록 하였다. 프로그램에 자동으로 경계선을 그리는 기능이 있었지만 잡상(noise)가 많아서 기능사용이 불가능하여 수동으로 직접 그렸다. 프로그램상의 complex surface rendering(복잡 표면 추출)을 실행하여 최종적인 입체 영상을 얻었다. 종물의 모양이나 크기 측정치의 비교를 위해 적출한 종물 사진을 기준으로 입체 영상을 회전시켜 유사한 영상이 나오도록 조정하였다(Fig. 1) 이 영상에서 종물의 폭과 높이를 측정하였다. 다음으로 이 영상이 나오는 화면을 capture하여 비교 자료로 저장하였다. 적출한 종물의 사진도 출력하여 같이 촬영한 눈금자를 기준으로 종물의 폭과 높이를 계산을 통해 측정하였다. 3차원 재건영상의 측정치와 적출사진의 측정치 간의 폭과 높이의 비교는 SAS, Enterprise Guide 4.2(SAS, USA)를 사용하여 Wilcoxon Signed Rank test(p<0.05)로 검증하였다. 해석은 p<0.05인 경우 3D 재건 영상에서 측정한 값과 적출물 사진에서 측정한 값에 차이가 있는 것으로 판단하고 p>0.05인 경우 두 측정치 간에 유의한 차이가 없어 유사한 수치인 것으로 판단하기로 한다.

입체영상과 적출 사진 간의 육안적인 유사성 비교는 입체영상이 실제 종물의 적출 사진과 닮은 정도를 0에서 2까지 3등급으로 점수화하여 0은 “안 닮았다”, 1은 “애매하다”, 2는 “매우 닮았다”로 하여 비교하였다. 육안적 유사성 등급 평가는 수술에 관여하지 않은 의사에게 의뢰하여 시행하였다.

결 과

분석 대상 자료는 총 15건으로 남자 7명, 여자 8명으로 평균연령은 45.53세였다. 질환은 새성낭종 1예, 혈관종 1예, 지방육종 1예, 전이성 임파절 2예, 악하선 이형성종 1

Table 1. Patient profiles (n=15)

Case No	Sex	Age	Dx
1	f	29	BCC
2	f	47	Thyroid tumor
3	f	15	SMG tumor
4	f	43	Tuberculous node
5	f	33	Parotid tumor
6	f	65	Liposarcoma
7	m	35	Nemangioma
8	m	54	Parotid tumor
9	m	46	Metastatic node
10	f	54	Parotid tumor
11	m	50	Metastatic node
12	m	64	Parotid tumor
13	m	47	Parotid tumor
14	m	53	Parotid tumor
15	f	48	Parotid tumor

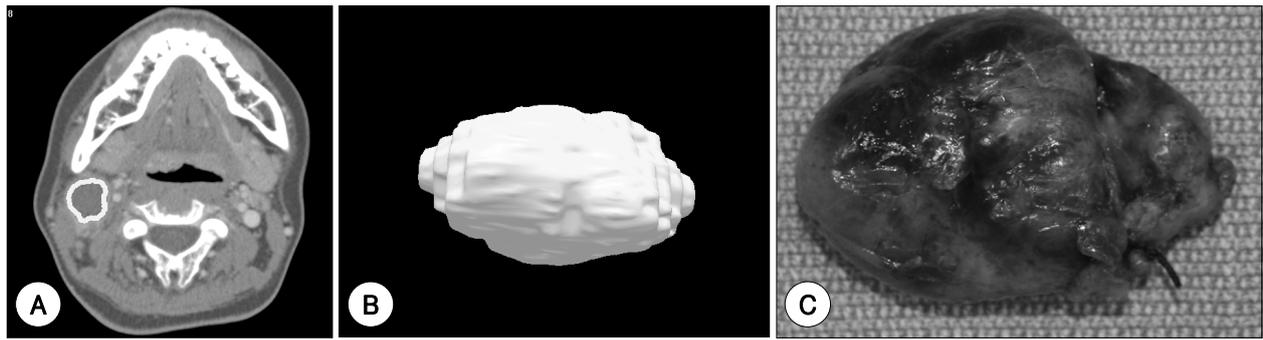


Fig. 1. 3D reconstruction image is made from axial CT images after surface rendering. A : Boundary(white simple closed circle at right mandible angle) was made along the edge of tumor, B : 3D reconstructed image of tumor, C : Excised mass.

Table 2. Width and height of the tumors

Case No	Dx	W	H	3D-W	3D-H
1	BCC	43.78	29.27	20.37	30.97
2	Thyroid tumor	36.66	38.33	29.05	53.93
3	SMG tumor	39.55	32.20	36.53	37.75
4	Tuberculous node	58.63	34.18	71.02	94.44
5	Parotid tumor	18.86	18.81	11.08	12.52
6	Liposarcoma	49.28	56.62	46.00	55.96
7	Hemangioma	27.09	71.20	42.74	68.57
8	Parotid tumor	61.46	39.05	47.26	63.91
9	Metastatic node	26.83	37.47	27.35	38.55
10	Parotid tumor	44.17	34.81	47.61	48.70
11	Metastatic node	19.70	24.83	23.92	36.80
12	Parotid tumor	34.85	42.06	42.39	46.41
13	Parotid tumor	44.20	27.32	17.59	20.41
14	Parotid tumor	79.70	68.74	50.93	63.84
15	Parotid tumor	43.05	47.27	37.06	36.09
	Average	41.85	40.14	36.73	47.26

(Units : mm, n=15), W(width from specimen photo) H(height from specimen photo), 3D-W(width from 3D image), 3D-H(height from 3d image), 3D-W vs W(p=0.244), 3D-H vs H(p=0.211)

Table 3. Rating about the shape similarity(n=15)

Case No	Dx	Shape rating
1	BCC	1
2	Thyroid tumor	0
3	SMG tumor	2
4	Tuberculous node	2
5	Parotid tumor	2
6	Liposarcoma	2
7	Hemangioma	1
8	Parotid tumor	2
9	Metastatic node	2
10	Parotid tumor	2
11	Metastatic node	1
12	Parotid tumor	2
13	Parotid tumor	2
14	Parotid tumor	2
15	Parotid tumor	2

0 : not similar, 1 : vague, 2 : similar

예, 결핵성 임파절염 1예, 갑상선 낭종 1예, 이하선 양성 종물 7예였다(Table 1). 적출사진으로 측정된 종물의 평균크기는 41.85×40.14mm였고 3차원 재건 영상으로 측정된 종물의 평균 크기는 36.72×47.25mm였다(Table 2). 적출물 사진 측정된 종물의 폭과 3차원 재건 영상으로 측정된 폭은 측정치 간에 유의한 차이가 없었다(p=0.244). 또한 적출물 사진 측정된 종물의 높이와 3차원 재건 영상으로 측정된 높이도 측정치 간에 유의한 차이가 없었다(p=0.211).

입체영상과 적출 사진 간의 육안적인 비교 결과는 0점(안 닮았다) 1예, 1점(애매하다) 3예, 2점(매우 닮았다) 11예였다. 안 닮았다는 평가를 받은 증례는 갑상선 낭종이었고 애매한 평가를 받은 것은 새성낭종 1예, 전이성 암 1예, 혈관종 1예였다. 매우 닮았다는 평가를 받은 것은 이하선 종물 7예, 지방육종 1예, 전이성 암 1예, 악하선 종물 1예, 결핵성 임파절염 1예였다(Table 3, Fig. 2).

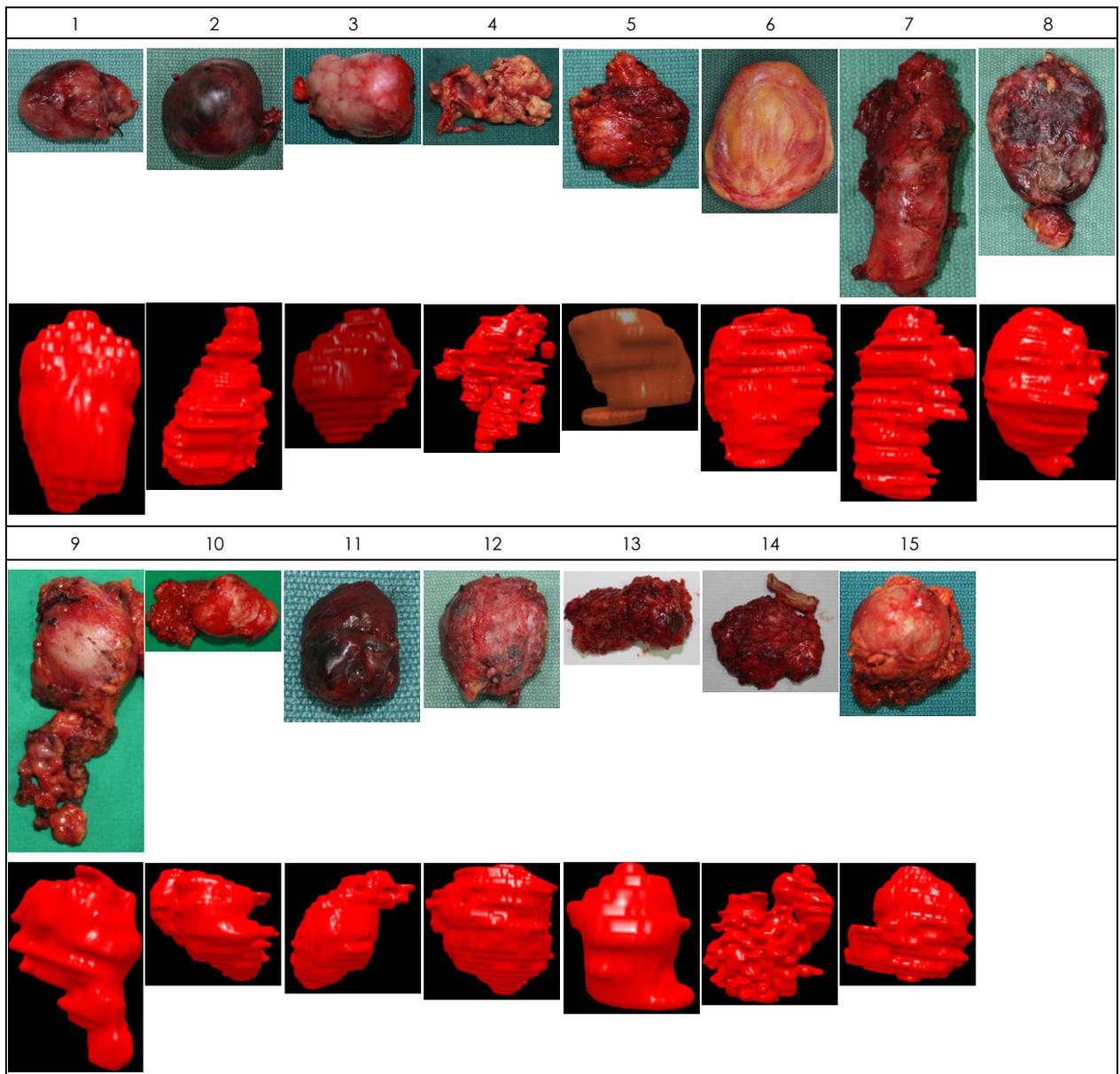


Fig. 2. Excised masses and 3D reconstructed images for comparison(1-15, Case numbers of the patients).

고 찰

3차원 재건 기술은 지형도를 제작하거나 공학에서 샘플의 제작을 하는데 많이 활용되고 있다. 의학에서는 방사선과에서 CT를 도입하고부터 활용되기 시작하였고 인골 모형을 제작하여 골절의 상태를 파악하거나 혈관 기형이나 손상을 파악하는데 응용되었다. 코의 성형수술을 위한 비골의 상태를 입체적으로 확인하기 위해 촬영하기도 한다.^{7,8,9,10)}

본 연구는 수술 사진이 있는 환자를 대상으로 자료를 수집하였고 3차원 재건 영상을 만들기 위해 axial CT상 종물의 외곽선을 따라 경계를 그어서 이 자료를 중첩시킨 후 종물표면의 입체 영상을 완성하였다. 이를 surface rendering

이라고 한다. 입체영상을 활용하는 또 다른 분야는 방사선 종양학과로 감마나이프 등의 치료 시 입체적으로 상을 얻어 목표물에 정확히 방사선을 조사하고자 사용하고 있다.¹¹⁾

본 연구에서는 적출 조직 사진의 측정 자료와 3차원재건 영상의 측정 자료 간에 종물의 폭이나 높이 모두 유의미한 차이가 없어서 유사하다는 판단을 내릴 수 있었다. 물론 개개의 측정치를 비교하면 차이가 많이 나는 경우도 있는데 몇 가지 이유를 생각할 수 있다. 첫째는 종물을 적출하면 수축이 오고 낭종인 경우 내용물이 터져 나오면 모양이 변한다. 둘째는 적출물 사진과 3차원 재건 영상과 방향성(Orientation)이 일치하지 않는 경우인데, 본 연구에서는 방향성을 맞추고자 노력하였다. 세 번째는 적출 조직의 경우 정상 조직을 포함한 경우가 많고 3차원 재건 영상을 종물만을 가

려내어 영상을 만들게 되므로 차이가 날 수 있다고 보인다. 향후 종물을 적출하고 사진을 촬영하는 경우는 방향성을 더 정확히 하도록 하고 여러 장의 사진을 다양한 각도로 촬영하여 보강된 자료로 연구를 해보아야할 것 같다.

또 사진 중 크기를 알 수 있는 줄자를 넣지 않고 촬영한 사진은 제외하여야 했는데 앞으로 동일한 연구를 위해서 뿐 아니고 의학용 기록사진의 신빙성을 위해서도 줄자와 환자 정보는 같이 촬영하여야 한다.

적출물 사진과 3차원 재건 영상간의 유사성을 육안으로 비교한 결과는 주관적이기는 하지만 “매우 닮았다”는 평가를 11예에서 받았지만 이는 추후 여러 평가자의 검증을 필요로 한다고 본다. “안 닮았다”는 평가를 받은 갑상선 종물(증례 2, Fig. 3)은 낭종이었고 적출 후 종물이 퍼져서 구분이 가지 않은 것 같다. “애매하다”는 평가를 받은 종물은 새성낭종, 전이성 암의 임파절, 혈관종이었다(증례 1, 7, 11 Fig. 3). 새성낭종은 수술 중 터져서 모양이 변했고, 전이성 암의 임파절은 여러 개의 임파절이 뭉쳐있는 사진 중 일부만을 제시하여 3차원 재건 영상과 맞지 않았을 수도 있다. 혈관종은 수술 전에 혈관 색전술을 시행하여 모양이 가늘고 길게 변형되었고 3차원 재건 영상에서는 갑상선 조직과 겹치고 주위의 잡음이 많아 외곽선을 따라 그리기가 어려워 서로의 모양을 비교하기 애매했던 것 같다.

3차원 재건 영상과 적출물 사진의 육안적 비교는 수월하였지만 주관성을 배제하기는 힘들어 통계적인 검증을 거치지 않았다. 3D CT 사진과 DSA(Digital subtraction angiography)와 실제 수술 사진을 비교하여 뇌동맥류의 위치, 크기, 방향성 등을 보고 관찰자 간의 신뢰성을 알아본 연구에서는 3차원 재건 영상이 진단의 정확성은 떨어지지만 해부학적 위치를 파악하는데 많은 도움이 된다고 한다.¹²⁾ 연구에서도 위치나 방향성 파악은 수월해 보였고 역시 정확한 진단은 내릴 수 없었다.

3차원 영상에서의 길이 측정은 CT 자료를 처리한 것이므로 마우스로 커서 위치만 잡으면 자동 계산이 가능하다. 물론 육안적으로 측정 위치를 판단해야 한다. 적출 조직 사진에서 길이 측정은 사진을 종이에 출력한 후 같이 촬영된 줄자를 올려 그것으로 잴 수 있고 컴퓨터 영상에서 10mm가 픽셀로 얼마나 차지하는지를 확인하여 단순한 비례식으로 계산을 할 수 있다.

3차원 재건 영상은 여러 용도로 활용이 가능해 보인다. 환자에게 시각적으로 설명을 하기 용이할 것이고 학생교육에도 활용이 가능하다. 특히 해부학 교육에서 많이 이용하고 있다. 수술장에서 사용하는 네비게이션 시스템은 CT평면 사진만을 보고 위치를 파악하도록 하는데 여기에 3차원 입체 영상을 도입하면 더 도움이 될 것이다. 로봇 수술시 자동화를 한다면 3차원 영상 처리가 필수적이라 생각을 한다.

본 연구는 종물 자체의 입체 영상만을 제작하여 활용하였지만 두경부 종물을 입체적으로 하려면 두정부에서 쇄골부 위까지의 영상을 만들어야 전체적인 파악이 수월할 것이다. 물론 주위 혈관, 골 부위의 영상 재건도 같이 시도하여 입체적인 시각 자료화할 수 있다. MRI자료를 활용할 수 있지만 주로 뇌의 영상 분석에 많이 활용되는 편이다.^{13,14)} 성형분야에서는 환자의 얼굴 표면을 외형 스캔을 하여 이를 3차원 재건 기법으로 처리 활용하기도 한다.¹⁵⁾ 참고로 소프트웨어 가격이나 성능을 국내 A사와 비교해보면 A사의 경우 통합 패키지는 1,500~800만원 정도 한다. 저자가 사용한 3D-doctor는 정식버전이 800만원에서 학생버전 140만원 정도이고 데모버전은 저장 기능만 없고 충분히 사용은 가능하다. 자료 처리시간은 숙련도에 좌우되므로 방사선과에서 처리하는 시간과 비교하기는 어렵지만 처리 내용에 따라 건당 10~60분정도 소요된다.

결 론

15명의 적출한 종물 사진과 CT를 이용한 3차원 재건 영상의 비교에서 크기의 측정이 서로 유사하다는 결과를 보였고 육안상 판단으로도 사진과 영상 간에도 모양의 유사성이 있다 하였다. 3차원 재건 영상이 임상적으로 활용할 가치가 있어 보인다.

중심 단어 : 3차원 재건 · 조직사진 · 경부종물.

References

- 1) Kim SM, Kim SJ, Seo SY, Tack GR. A study on automated 3-D reconstruction based on 2-D CT image of lumbar spine. *J Biomed Eng Res.* 1999;20 (5):581-586.
- 2) Min KJ, Kim JK, Cho JB, Choi K. A study on 3D reconstruction and simulated implantation of human femur using consecutive CT-images *J Biomed Eng Res.* 1999;20 (2):155-163.
- 3) Robinson RJ, Russo J, Doolittle RL. 3D airway reconstruction using visible human data set and human casts with comparison to morphometric data. *Anat Rec (Hoboken).* 2009 Jul;292 (7):1028-1044.
- 4) Hu A, Wilson T, Ladak H, Haase P, Fung K. Three-dimensional educational computer model of the larynx: Voicing a new direction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2009 Jul;135 (7):677-681.
- 5) Jun BS, Kim HT, Choe HG, Kim HS, Cho KJ, Park YH, et al. The Clinical Feasibility of Functional 3-Dimensional Laryngeal CT as a New Technique: Preliminary Study in Unilateral Vocal Fold Paralysis *Korean J Otolaryngol* 2005;48 (2):199-203.
- 6) Cho SH, Lee HC, Park CW. CT angiography with 3D reconstruction for the initial evaluation of penetrating neck injury with

- retained knife. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007 Mar;136 (3): 504-505.
- 7) Lanza A, Laino L, Rossiello L, Perillo L, Ermo AD, Cirillo N. *Clinical Practice: Giant Cell Tumour of the Jaw Mimicking Bone Malignancy on Three-Dimensional Computed Tomography (3D CT) Reconstruction.* *Open Dent J.* 2008;2:73-77.
 - 8) Rizzo E, Pugnale M, McKee T, Qanadli SD. *Intimal sarcoma of pulmonary artery: Multi-slice ECG-gated computed tomography findings with 3D reconstruction.* *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005 May;27 (5):919.
 - 9) Di Giammarco G, Storto ML, Marano R, Di Mauro M. *Superior vena cava syndrome: A 3D CT-scan reconstruction.* *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006 Aug;30 (2):384-385.
 - 10) Choi EY, Yoon YW, Kwon HM, Kim D, Park BE, Hong YS, Koo JS, Kim TH, Kim HS. *A case of pulmonary artery intimal sarcoma diagnosed with multislice CT scan with 3D reconstruction.* *Yonsei Med J.* 2004 Jun 30;45 (3):547-551.
 - 11) Dong KR, Park BS, Kim SS, Kweon DC, Goo EH, Chung WK. *Target motion analysis of the respiratory gated guided radiotherapy in liver cancer patients using 4D-CT* *Journal Of Radiation Protection.* 2010;35 (2):63-68.
 - 12) Franklin B, Gasco J, Uribe T, VonRitschl RH, Hauck E. *Diagnostic accuracy and inter-rater reliability of 64-multislice 3D-CTA compared to intra-arterial DSA for intracranial aneurysms.* *J Clin Neurosci.* 2010 May;17 (5):579-583.
 - 13) Koh EJ, Choi HY, Kwak YK, Kim YJ, Koh DH, Kim KS. *The usefulness of 3D-surface rendering of the MRI in surgical treatment of patients with intractable neocortical epilepsy* *J Korean Neurol Assoc.* 2002;20 (2):1-10.
 - 14) Shin YS, Kim HS. *3D reconstruction of tissue from a few of MRI images using radial basis function* *한국해양정보통신학회논문지.* 2008;12 (11):2078-2082.
 - 15) Hoehnke C, Eder M, Papadopulos NA, Zimmermann A, Brockmann G, Biemer E, Kovacs L. *Minimal invasive reconstruction of posttraumatic hemi facial atrophy by 3-D computer-assisted lipofilling.* *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2007;60 (10):1138-1144.