

## 3차원 입체영상 CT의 구강외과 영역에서의 활용

마산 삼성병원 구강외과

김 진 · 노홍섭

### THREE-DIMENSIONAL COMPUTED TOMOGRAPHY FOR EVALUATION AND PLANNING OF ORAL AND MAXILLOFACIAL SURGERY ; REPORT OF CASES

Jin Kim, Hong-Sup Ro,

*Oral and maxillofacial surgery, Dentistry, Masan Samsung Hospital*

*Diagnosis of maxillofacial lesions is very difficult. Recent developments in computed tomography enable the production of three dimensional images of complex anatomical structures from a series of conventional computed tomographic sections. Methods of three-dimensional analysis of computed tomographic images have recently been described. Mostly, reports have concentrated on applications relative to congenital deformities. In this report, one method of three dimensional reformatting is reviewed. Images formed by this method have solid surface appearance and can be color enhanced and manipulated to isolate anatomic structures of interest. The program allows tissue densities, volumes, and distances. This report emphasizes maxillofacial applications other than those previously reported in the surgical and radiological literature.*

#### I. 서 론

최근 산업의 발달은 많은 악안면 영역의 환자를 발생시켰고, 또한 과학의 발전은 질환의 정확한 평가에 있어 기여한 바 크다. 그러나 진단방사선 영역에 있어 급속한 발전에도 불구하고 두개안면부의 정확한 분석과 진단에 어려움을 느끼고 있다. 이는 많고 복잡한 해부학적 구조물의 중첩상이 정확한 진단을 불가능하게 하고 있으며 이를 해결하기 위해 plain film, tomogram, computed tomography, angio-

graphy, radio scan, arthrogram, MRI 등의 여러 다양한 과정의 방사선 상이 개발되었다. 특히 전산화 단층촬영(computed tomography)은 복잡한 해부학적 구조물이 중첩되어 있어 일반적인 방사선 촬영만으로는 검사가 어려운 부위의 진단 및 치료 계획을 세우는데 큰 도움을 주고 있다. 급진전한 computer의 발전과 다양한 software의 개발은 C.T. 방사선 상에 있어 악안면부의 복잡한 해부학적 구조를 3차원적인 상으로 보여줄 수 있게 하였다<sup>1,2,3,4)</sup>. 3차원 C.T.는 일반적인 C.T.가 인체를 약 3mm에서 13mm

두께로 절단하여 computer에 의해 입체적으로 재구성한 상으로, 공간적 위치관계 및 상의 조작을 통해 필요로 하는 상의 선별 선택이 가능하게 되었으며, 불필요한 방사선 노출을 줄이며, 지금까지 불가능하였던 두개 안면부 해부학적 구조물의 공간적인 상을 임상가에게 제공하여 줌으로써 추정화된 개념을 통해 인지하였던 악안면영역의 해부학적 구조를 보다 더 과학적인 치료계획과 진단을 할 수 있도록 도움을 준다<sup>2,4,5</sup>. 이에 본 저자 등은 3차원 C.T.를 이용, 여러 증례에 진단과 치료계획 및 수술평가에 도움을 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## II. 연구 재료 및 증례보고

본 연구에 사용된 C.T.는 General Electric Medical System의 HI Speed Advantage(HSA)이며 3D image construction을 사용된 workstation은 Allegro 3D이다. scan type은 Helical (spiral)이며, 120 KV, 170mA, 1 sec Scan time, 3mm slice thickness, 3mm scan space(reconstruction interval 2mm), 1 : 1 pitch, 안면부 display상은 17.0cm, matrix 512×512로 재영상 matrix가 사용되어 입체영상을 얻었다.

### 증례1

본 증례는 56세된 여성으로 좌측 하악체부의 팽창성 종창을 주소로 내원한 자로 임상적으로 거대법랑아세포종, 혹은 석회화 상피성 치성종양(pindborg tumor)으로 추정되었다. 표준 방사선상으로는 거대한 병소부의 정확한 파악이 힘들고 병소의 설측의 팽창양상(expansion)을 명확히 구분하기 힘들었으며 3차원 C.T.를 이용하여 하악의 병소 부위를 비교적 정확히 파악할 수 있었고, 병소 부위의 설측팽창 경계를 여러 회전된 상을 통해 평가하였으며, 정상 해부학적 구조물과의 상호관계를 이해하는 데에 도움이 되었다. 특히 수술시 하악골 절제의 양을 CT상을 통하여 가늠할 수 있었다. 그림1에서는 하악골의 종괴 크기 및 종물 내의 석회화상을 보여주며, 진단 및 수술적 절제시에 참고할 수

있게 하였다. 하악부에 발생한 종괴는 pindborg tumor로 확진되었다.

### 증례2

본 증례는 38세된 남성으로 악관절 탈구, 부정교합 및 안면 비대칭 등을 주소로 하여 내원한 자로 표준 방사선상으로는 좌측 과두부의 관절상태를 정확히 평가하기가 어려웠으나 3차원 C.T.를 이용한 상의 회전으로 좌측 과두부의 대칭상 및 관절형태의 정확한 진단평가에 도움이 되었다. 특히 일반 사진 상에서 관찰되지 않는 종괴의 3차원적 형태와 모양이 그림 2의 3차원 C.T. superior view를 통해 보여주며, 수술시의 절제범위를 수술전 예측하게 하여 수술에 크게 도움을 주었다. 수술후 종괴는 좌측과두에 발생한 osteochondroma로 확진되었다.

### 증례3.

본 증례는 27세된 여성으로 무통성의 우측 상악팽창을 주소로 내원한 자로 표준 방사선상 및 임상검사서 특이소견 없이 상악의 팽창만이 관찰되어 진단의 어려움이 있었으나, 3차원 C.T.상에서 심한 상악구개측 및 상악골내의 증식상과 상악동내의 맥복치상을 보여주며, 정상 해부학적 구조와 파괴된 부위의 관계를 보다 명확히 파악할 수 있었다. 우측 안와하부 심연부의 석회화상은 보이나, 안구 내로의 골파괴상은 보이지 않는다. 그림 3에서는 우측상악골의 증식상을 보여주고 있다. 그림 4는 상악동내의 석회화된 치아상을 보여준다. 증례는 Fibrous dysplasia로 진단되었다.

### 증례4.

본 증례는 40대의 남성으로 상악 좌측 측절치 순측부의 악안면구강누공(orofacial opening)을 가진 환자로 불량 상악의 계속가공의치를 비의료인으로부터 치료받은 후, 보철물 사용중의 구취, 부종, 동통, 및 배농등의 증상을 가지고 내원하였다. 표준 방사선상에서 상악 좌측 측절치부의 결손을 보이나 비골저 점막(nasal floor mucosa)의 잔존 평가 및 결손부 평가에 어려움이 있었으나, 3차원 C.T.상은 결손 부의

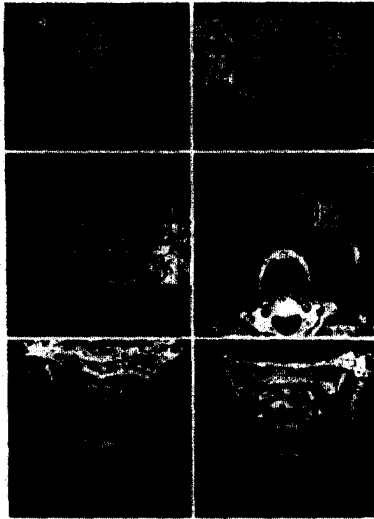


그림 1. 좌측 하악의 팽윤 경계상을 볼 수 있다.

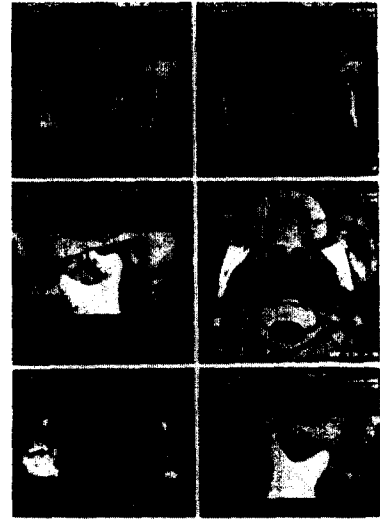


그림 2. 좌측 하악과두의 이상 소견을 볼 수 있다.



그림 3. 상악 우측 부위의 팽창 상을 볼 수 있다.

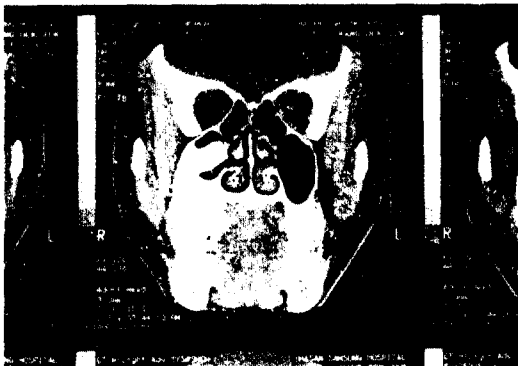


그림 5. 상악 전치부에 발생한 낭종의 파괴상과 경계를 볼 수 있다.

크기 및 입체적, 공간적 상을 설명해 주고 있어, 표준 방사선 사진 상에 비해 상악의 결손을 보다 공간적 개념으로 정확히 평가할 수 있었고 치료계획의 설정 및 병소의 평가가 용이하였다. 그림 5에서는 구내의 천공상 및 병소의 입체적 파괴 상을 보여주며 수술후 낭종으로 확진되었다.

**증례5.**

본 증례는 35세 여자로 교통사고로 인해 안면부에 찰과상 및 심한 종창등을 주소로 응급실 통해 내원하였다. 표준 방사선상에서 평면적

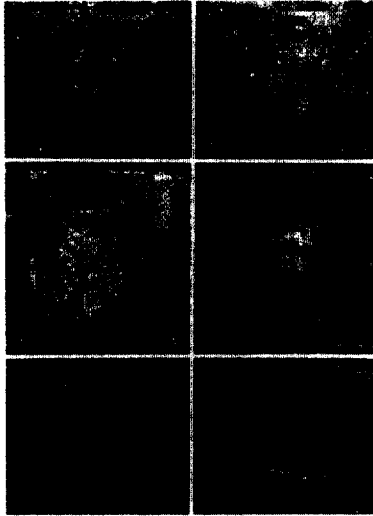


그림 5. 상악 전치부에 발생한 낭종의 파괴상과 경계를 볼 수 있다.

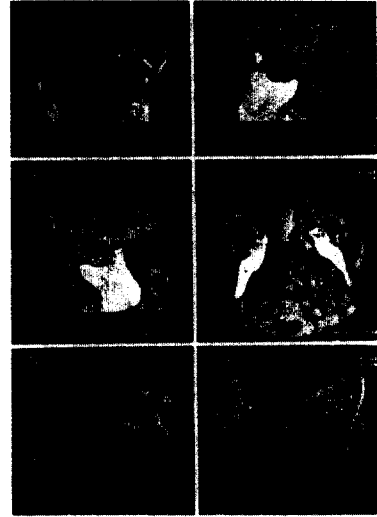


그림 6. 골절부의 입체적 평가상을 볼 수 있다.

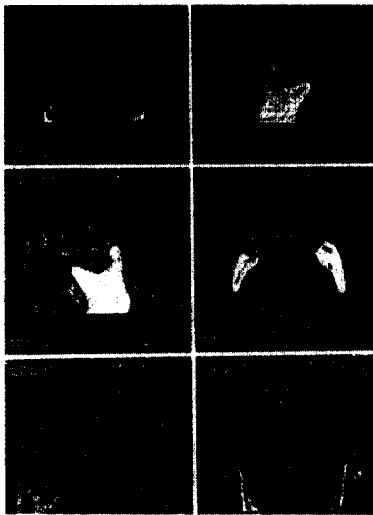


그림 7. 정상인의 3차원 입체영상.

골절상을 보여주고 있으나 골절된 골조직 부위의 평가가 어려웠다. 단층촬영상에서 좌측 관골궁 및 상악 안아저 봉합부위에서 골절선이 관찰되었다. 상악동의 후외측 및 후방 벽에서 골편의 중첩상이 관찰되었다. 그림 6에서는 3차원 컴퓨터 단층촬영 상의 좌측 안아저벽의 골절로 인한 변위와 좌측 상악동벽의 골절선을

관찰할 수 있었다. 3차원 CT의 골격 재구성은 골격구조, 수술계획, 수술결과를 평가하는데 좋을 것으로 사료된다. 또한 그림 7에서는 정상 20대 여성의 3차원 C.T.소견으로 비정상의 다른 사진과 비교된다.

### III. 총괄 및 고찰.

현재 방사선 진단분야에 있어서 컴퓨터의 이용은 환자의 병리상태에 따라 일반 X선 촬영 진단이 어려운 부위에 대한 정확한 영상 기록과 여러 방향에서 병소를 단층면으로 기록하며 명확한 진단 정보를 제공할 수 있는 등 실로 다양하게 이용되고 있다. 즉 영상기록에서 컴퓨터에 의한 진단을 포함하여 영상분석의 자동화 및 전산단층 촬영법 등 다양화되었다<sup>1,3,5,6)</sup>. 문헌상 C.T.의 역사적 발전사를 살펴보면 1917년 오스트리아의 수학자인 Johann Radon은 수학적 방식으로 단층촬영법의 근본을 세웠으며, 여러 방향에서의 측정값을 조합하여 2차원 또는 3차원적인 어떤 물체를 재구성하는 법을 연구하여 현대적 컴퓨터 단층촬영의 기초가 마련되었고 현대의 tomography computer 3차원 입체 영상(3 dimensional imaging)을 재구

성하는 데에 최초로 기여하였다. 1956년 Bracewell은 실용적인 태양영상의 재구성을 시행하였다. 1961년 Oldendorf 컴퓨터 단층촬영 개발한 이래, 1963년 Cormack등에 의해 영상 재구성의 의학적 응용이 연구 되어졌다. 또한 전산화 단층촬영법(computed tomography)은 새로운 영상 기록방식으로서 1969년 영국의 EMI회사에 근무하던 Hounsfield 박사에 의해 영국에서 최초로 임상에서 C.T. scanner의 개발을 시도하였으며 C.T. scanner hardware가 직접사용 되도록 프로그램이 작성되었는데 이의 특징은 피사체를 투과한 X선을 측정하기 위하여 특수한 검출기들을 사용하는 점이다. 그는 X선 속이 인체를 모든 방향으로 투과하고 이때 만약 모든 투과 X선속의 측정이 가능하다면 인체 내부구조에 관한 정보를 얻는 것이 가능하며 또한 이들 정보들은 화면의 형태로써 검사대상 부위에 대한 3차원적인 표시가 가능할 것으로 추론하였다. 최초의 C.T. 장치는 1971년 9월 영국의 Atkinson-Marly 병원에 설치되었고, Dr. Ambrose의 주관하에 임상적 시험이 수행되었으며 각 영상에 대한 처리 시간이 약 20분 소요되었으나 그 이후 소형 컴퓨터의 출현으로 각 영상에 대한 처리 시간이 4분 정도로 더욱 단축되었다. 진단적 가치를 갖는 전산화 단층촬영은 1972년 영국의 G.N Hounsfield에 의해서 Computerized axial transverse scanning 이라는 이름으로 개발되어 임상에 적용되었으며 C.T.에 관한 논문을 영국 방사선학회에 발표하였다. Kuhl은 펜실베니아대학에서 방사선 핵에 의한 단층상을 얻는 장치를 연구 개발하였으나 임상에 응용하지 못하였고, 1973년에는 미국의 Mayo병원과 Massachusetts General병원에서 brain의 axial tomo로 구성된 최초의 C.T.장치를 사용하였다. 1974년 미국 Ledley에서는 전신용 C.T.장치를 도입하였으며, 1977년 한국에서는 경희의료원이 최초의 두부용 C.T.장치(EMI회사)를 설치하였다. 1979년 Harris가 3차원 volume image 원리를 발표하였고, 같은해 Artzy와 Herman과 Liu등은 가장 초기의 3차원 컴퓨터 영상과 3차원 컴퓨터 단층촬영의 기술에 대해 발표하였다. 컴퓨터 software의 발전은

axial section images로부터 3차원 영상의 재구성이 가능하게 하였다. 1980년 Herman이 disk disease에 3차원 C.T.를 처음 임상에 사용하였으며 근래에 1983년 Marsh와 Vannier 등에 의해 두경부영역에 3차원 C.T.를 응용하였으며, 1984년 Robert등과 1986년 Sevil, Kursunosulu등은 정상 악관절의 구조를 3차원 컴퓨터 단층 촬영을 통해 분석하였다. 1988년 Donlon, Perry Young, A Vassiliadis등은 임상에 적용한 3차원 C.T.에서 환자 증례를 보고 하였다. 같은해 Schellhas등 또한 악아면 영역에서의 3차원 C.T.를 이용한 수술계획에 관해 보고 하였다. 1990년 Fukuta, Jackson, Mcekwan등은 3차원 C.T.에 의한 복제 형성에 관해 보고하였다<sup>3,5,7-16</sup>. 단층촬영(tomography)법은 1921년 Boccage에 의해 처음으로 그 원리가 고안되었다. 그후 1930년 Vollebena에 의해 stratigraphy, 1931년 Ziedes des plantes에 의해 x선과 film을 평행으로 이동시키는 planigraphy, 1935년 Grossman에 의해 X선과 film을 원호운동시키는 Tomography, 1948년 Abreu의 tomography가 실용화 되었으며, 1959년부터 1969년 사이에 Roulettes tomography에 의해 다궤도 운동 방식이 발전되어 현재에 이르게 되었다<sup>17-20</sup>. C.T.란 수학적 기법을 이용하여 인체의 여러 구조를 다양한 대조도의 차이로 나타낸 새로운 형태의 횡단적 단층촬영법으로 인체를 여러 각도에서 투과한 방사선을 검출하여 인체단면에 대한 흡수치를 컴퓨터의 힘을 빌어 재구성 하는 것으로 컴퓨터는 이들 정보의 저장과 이로부터의 영상의 재구성을 위하여 이용되는 것이다. 악아면 영역에서 자주 사용되는 C.T.는 중첩현상이 발생하지 않아 영상이 정확하고 필요하다면 모든 신체 조직을 표현할 수 있으며 조직의 특성부위만 선택하여 촬영이 가능하므로 X선에 매우 민감한 조직들을 보호하는 장점이 있다. 전산화 횡단적 단층촬영(Computerized Transverse Axial Tomography, CTAT), 컴퓨터 조력 단층촬영(Computer Assisted Tomography, CAT), 전산화 축단층촬영법(Computerized Axial Tomography, CT), 재구성적 단층촬영법(Reconstructive Tomography, RT), 전산화 횡

단축전송 재구성적 단층촬영법(Computerized transaxial Transmission reconstructive Tomography, CTT) 등의 동의어로 불리었으나 “Radiology”와 “American Journal of Roentgenology” 등에 의해 “Computed tomography(전산화 단층촬영)”이란 명칭이 현재 광범위 하게 사용되고 있다<sup>5,7,15)</sup>. X선은 피사체를 주사(scan) 함으로써 매우 작은 체적요소에 대한 감약계 수가 재구성 되는데 이들 체적요소를 voxels 이라하고, 항상 작은 사각형의 화소로서 나타내 는데 이들 화소(picture element)들을 pixel 이라하며 영상을 구성하는 최소단위이다. matrix 는 2차원적으로 정렬되어 있는 pixel들의 배열을 뜻하며 영상구성에서 화질과 관련된다. 1981년 C.T. scanner들의 분류는 detector와 beam source수에 따라 통상 1-4세대까지 개발되어 있으며 detector의 수가 많을 수록 영상구성 (image construction)이 용이하고, 특히 최근 high speed 개발로 상이 더욱 세밀하여 세대 구분이 무의미 하여지고 있다. X선을 이용한 인체진단에서 C.T. scan의 급속한 발전과 이용은 연부조직의 병리적 상태를 영상화 할 수 있게 되었고, 주사속도(scan speed)와 분해능의 향상은 세대별 발전과 깊은 관련이 있다. 처음 심장 C.T. scanning은 3차원적인 심장운동연구 에 이용 되었다. Cine-C.T.는 고속도, 양(volume)을 scanning할 수 있도록 개발되었으며 최초의 X-ray film이 없는 Analog Digital진단 으로 급세기 최첨단의 개발로 고속 컴퓨터 진단 을 이루게 되었다. C.T. scan은 여러방법으로 저장되고 영상 재구성은 C.T. scanner의 입력 에 의해 각각의 단면 C.T.상이 3차원 영상 재구성 방법에 의해 재구성 하게된다. 3차원 입체 영 상의 재구성은 표현방법에 의해 술자보다 멀리 위치하고 있는 pixel에 대해서는 회색의 어두운 색을 사용하고 가까이에 위치하면 밝은 색조를 이용하며 Shade image는 특별한 색조 여과기를 사용해서 부가적인 과정을 거쳐 나타나는영상을 말하며 훨씬 생동감 넘치게 나타낼 수 있다. 또한 최근 개발된 3차원 CT의 경우 색상 조절이 가능하며 본 연구에 사용된 C.T.의 경우 pink (coronal), orange(axial), green(sagital)의 3

색이 조절 가능하게 나타난다. 이러한 색조에 의한 색의 대비로 관찰할 부위를 더욱 차별하여 관찰 할 수 있는 장점이 있다. 3차원 영상은 모든 방향으로 회전이 가능하기 때문에 어느 각도 에서든지 관찰하고자하는 해부학적인 부위의 감춰진 구조를 직접적으로 관찰할 수 있다. 또한 3차원 영상은 경조직과 연조직을 함께 관찰할 수 있어 악관절의 경우, 정확한 원래의 상태로 관찰이 가능하기 때문에 관절의 골격부위의 관계를 결정하는데 도움을 줄 수 있다<sup>1,2,5,8,14,16,21)</sup>. 2차원 C.T. 단면상의 간격에 따라 3차원 입체 영상의 선명도가 영향을 받게 되는데, 연속적인 axial scan의 간격을 줄일수록 상은 선명하고 세밀해진다. 연속적인 axial scan의 간격을 줄 일수록 3차원 입체 단층촬영의 상은 선명하고 세밀해지며 이를 위해 추가적인 방사선 조사가 필요하며 단면상(slice) 간격은 조절이 가능한 데 환자의 피폭 방사선 조사량을 고려하여 현재 악안면영역의 3차원 컴퓨터 단층 촬영은 주로 2mm 간격을 사용하고 있으나 1mm 간격까지 가능하고 C.T.의 개발에 따라 더욱 선명한 상을 얻을 수 있고 이로인하여 3차원 컴퓨터 해상도를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 3차원 입체영 상의 개발은 일반 C.T.의 가장 큰 단점중의 하나인 신체의 구조적인 정보들이 관찰자가 익숙하지 못하면 간과되기가 쉽다는 것이나, 3차원 입체영상은 2차원상을 근간으로 재구성되므로 반드시 2차원 C.T.가 필요하며, 골절의 변위가 없는 경우 골절선 관찰이 힘들고, 일반 C.T.에 비해 표면 해상도가 떨어지고 영상 재구성을 위한 소요시간이 필요하고, 다른 촬영에 비해 비싸다는 단점이 있다<sup>1,7,12,23)</sup>. Marsch등은 Malinckrodt연구소에 내원한 선천성 및 후천성 악안면기형을 가진 300명의 환자에게 3차원 전산화 단층상을 이용하여 비정상적인 안면연 조직 및 골조직형태의 묘사, 수술 계획및 수술 후 평가에 있어서 매우 유용한 결과를 얻었다고 보고하였다. Pettgrew등은 악관절 표본관찰에서 3차원 단층상으로 관찰하여 2차원 C.T.상에서 명확하지 못한 전위된 관절원판의 위치 관계를 증명할 수 있다고 하였다. 3차원 입체영 상은 술전 진단 및 수술시 절제나 재건을 위한

안모의 영상과 슬후 환자에 대한 예측이나 이를 이용한 치료계획 수립에 도움을 주는데, 악안면 절제후 재건술에 있어 수술시 3차원 영상을 이용하여 수술후 상하악의 전후방이동과 연조직 변화 예측이 가능 하기때문에 가장 결과가 좋은 방법중의 하나로 이용이 가능하다. 또한 편측 소악증, 안모비대칭의 안모 개선을 위한 안모 성형술이나 슬후 악안면 재건시 컴퓨터 주변 기기를 통한 안모복제형태(model) 제작으로 수술의 정확성과 계획에 도움을 줄 수 있으며 재건이식도 가능하여 보다 심미적인 악안면 재건이 가능하다. 뿐만아니라 최근 각광받는 임플란트 시술에 있어 잔존골의 영상제작을 통한 정확한 안모형태제작이 가능하고 이로인한 정확하고 안전한 임플란트 식립이 가능하다<sup>1, 2, 13</sup>.

14, 18, 20, 24 - 28)

#### IV. 결 론

최근 악안면 영역의 진단과 치료를 위해 사용되고있는 3차원 입체영상은 악안면 재건술 영역에서 비교적 간단한 골절이나 경계가 명확한 암종등에서는 경계성과 효율성등을 고려하여 볼때 크게 효과적이라 할 수 없으나, 악안면부에 발생한 다발성의 골절로 여러 해부학적 구조물과 겹쳐져 진단을 정확히 하기 어려운 경우나 크기가 큰 종괴의 절제술이나 절제후 재건술등이 추천되는 안면부의 종양이나, 인접 해부학적 구조물과 경계가 불명확하여 병소의 절제를 고려 할 수 없는 경우나 병소의 팽창여부로 수술의 방법 선정을 고려하는 경우, 악안면 기형 환자의 수술전 평가와 수술후 평가 및 안모 이식을 위한 이식부의 술전 입체 영상을 이용한 복제형상(model)법에서 2차원적 컴퓨터 단층촬영보다 효과적 이었다. 추후 안모 복제형상(model)을 이용하여 재건술에 이용하는 등의 수술법등을 더욱 연구 하는 것은 의미 있는 일이라 사료된다. 이에 본원에서 3차원 입체 영상법을 이용한 최근의 술전 진단과 평가, 치료 계획의 결정과 슬후 평가등 다양한 증례를 통해 크게 도움 되었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

#### 참 고 문 헌

1. 김 종원, 김 병린, 김 택경, 유 준영. : 구강 악안면 영역의 3차원 컴퓨터 단층촬영. 대한구강악 안면외과학회지 vol. 17, No.1,1-9, 1991.
2. 조 병욱, 이 용찬, 김 태영, 양 용석. : 악안면 영역에서의 3차원 컴퓨터 단층 촬영의 이용. 대한구강악안면외과학회지 vol 16, No.1, 1990.
3. Donlon WC, Young P, Vassiliadis A : Three-dimensional computed tomography for maxillofacial surgery ; report of case. J Oral Maxillofac Surg. 46 : 142-147, 1988.
4. Helms CA, et al : Computed tomography, in Helms CA, Katzberg RW, Dolwick MF (eds) ; Internal Derangments of the Temporomandibular Joint. San Fransisco, Radiology Research and Education Fund. pp. 135-166, 1983.
5. 전만진, 박성욱, 이재완, 홍시영. : 전산화 단층 촬영학, 대학서림, 1994.
6. Koltai PJ, Wood GW : Three dimensional CT reconstruction for evaluation and surgical planning of facial fractures. Otolaryngol Head and Neck Surg. 95 : 10, 1986.
7. Vannier MW, et al : Three dimensional CT reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation. Radiology. 150 : 179, 1984.
8. Udupa JK : Display of 3D information in discrete 3D scenes produced by computerized tomography. Proc. IEEE. 71 : 420, 1983.
9. Kursunoglu S, et al : Three-dimensional computed tomographic analysis of the normal temporomandibular Joint. J Oral Maxillofac Surg. 44 : 257, 1986.
10. Artzy E : Display of three-dimensional information in computed tomography. Computer Graph Image Processing. 9 : 196,

- 1979.
11. Herman GT, Liu HK : Three-dimensional display of human organs from computed tomograms. *Computer graph image Processing*. 9 : 1, 1979
  12. Marsh JL, Vannier MW : The "third" dimension in craniofacial surgery. *Plast Reconstr Surg*. 71 : 759, 1983.
  13. Marsh JL, Vannier MW, Bresnia S, Hemmer KM : Applications of computer graphics in craniofacial surgery. *Clin Plast Surg*. 13 : 441, 1986.
  14. Marsh JL, Vannier MW, Stevens WG, Warren JO, Gayou D, Dye DM : Computerized imaging for soft tissue and osseous reconstruction in the head and neck. *Clin Plat Surg*. 12 : 279, 1985.
  15. Hounsfield GN : Computerized transverse axial scanning. *Br J Radiol*. 46 : 1016, 1973
  16. Fukuta K, Jackson IT, McEwan CN, and Meland NB, : Three-dimensionnal imaging in craniofacial surgery ; a review of the role of mirror image production. *Eur J Plast Surg*. 13 : 209-217,1990.
  17. Cutting C, Bookstien FL, Grayson B, Fellingham L, Mccarthy JG : Three-dimensionnal computer assisted design of craniofacial surgery ptocedures ; optimization and interaction with cephalometrics and CT based models. *Plast. Reconstr Surg*. 77;877, 1986.
  18. French DJ, Jackson IT, Tolman DE : A system of osseointegrated implants and its application to dental and facial rehabilitation. *Eur J Plasr Surg*. 11;14, 1988.
  19. Heffernan PB, Robb RA : A new method for shaded surface display of biological and medical images. *IEEE Transaction on Medical Imaging MI-4* : 26, 1985.
  20. Kaplan EN : 3D-CT images for facial implant design and manufacture. *Mayo Clin Proc*. 61 : 546, 1987.
  21. Ambrose J : Computer tansverse axial scanning(Tomography) Clinical application. *Br. J. Radiol*. 46 : 1023, 1973.
  22. Kurt P.Schellhas, Mohammed El Deeb, et al : Three-Dimensionnal Computed Tomography in Maxillofacial Surgerical Planning. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. vol 114, 438-442 1988.
  23. Haug RH, Leiberman JM, et all ; Use of three-dimensional computerized tomography in the diagnosis of obstructed coronoid process. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol*. 68 : 793, 1989.
  24. Zonneveld FW, Noorman vander Dussen MF : Three-dimensional image and model fabrication in oral and maxillofacial surgery, *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, vol 4, number 1 ; 19-32, 1992.
  25. Zonneveld FW : Three-dimensional imaging in craniofacial surgery. Areview of the role of mirror image production (invited commentary). *Eur J Plast Surg*. 14;49, 1991.
  26. Lambrecht JT, Brix F : Individual skull model fabrication for craniofacial surgery. *Cleft Palate J*. 27;382, 1990.
  27. Tiede U, Hoehne K-H, Bomans M, et al : Surface rendering. Investigation of medical 3D-rendering algorithms. *IEEE Comput Graph Appl* 10(3) : 41, 1990.
  28. Zonnevel FW, van der Meulen JC, Vaandrager JM, et al : Three-dimensional imaging of congenital disorders involving the orbit. in Haik BG,MafeeMF : *Ophthalmic Imaging Techniques*, vol I, Boston, Little Brown & Co. 1991.