

# 안면골 외상환자의 전산화단층상을 이용한 삼차원재구성상의 비교 연구

전북대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

최은숙·고광준

## 목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도 및 설명

## I. 서 론

1917년 Radon에 의하여 전산화단층촬영술의 배경이 되는 수학적 개념이 개발되고, Hounsfield (1969)에 의하여 상형성의 원리에 기초한 주사체 전형의 개발 및 1971년 전산화단층장치가 임상에 이용됨으로써<sup>1)</sup>, 방사선사진을 이차원으로 평가할 수 있게 되었다. 그러나 이차원상은 전체적인 형태 및 공간적 위치 관계에 관한 정보를 직접 전달하는 데에는 한계가 있으며, 이차원상의 두뇌 영상화는 시간을 소비하고, 기억에 의한 오진의 가능성이 있다. 또한 수술시 수술팀원 모두가 같은 두뇌영상을 공유하지 못한다. 따라서 이차원상을 근거로한 외과적 수술 계획은 객관성이 결여되어<sup>2)</sup> 삼차원상의 필요성이 대두되게 되었다.

삼차원재구성 기술은 1970년대 말기 컴퓨터그래픽스 (computer graphics)이론에 의하여 발달되었으며, 1980년대에는 주로 정형수술<sup>3)</sup>, 두개

및 악안면골 수술<sup>4,5)</sup> 등의 의학적 목적으로 개발되었다. 삼차원재구성은 단면상의 수치화된 데이터를 이용하는 것으로, 방사선의 선감약계수를 갖는 본래의 삼차원 데이터를 이용하여 재배열하며, 이러한 용적 데이터(volumetric data set, 3-D image matrix)에 기초를 둔 전산화단층상으로 삼차원상을 재구성할 수 있게 되었다<sup>6)</sup>.

전산화단층상의 데이터를 이용한 삼차원재구성이 두개악안면부위에 도입되면서, 감염, 종양, 낭(cyst) 등의 질환과 두개악안면부위의 선천적, 또는 후천적인 병적기형의 진단과 치료<sup>6-13)</sup> 및 측두하악관절의 평가<sup>14,15)</sup>에 이용될 수 있게 되었다.

Mayer등<sup>16)</sup>은 전산화단층상의 삼차원재구성상이 안면골 골절환자에서 골절선과 골절의 특이한 양상을 보여주는 데 유용하며 특히 작은 외상보다 광범위한 외상에 유용하다고 하였다. Manson등<sup>17)</sup>은 삼차원재구성상은 외상부위 뿐만 아니라 골파괴 정도를 쉽게 인지할 수 있어 정확한 수술계획을 수립하는 데 유용하다고 하였다. 한편 Dolan과 Ruprecht<sup>18)</sup>은 Smoothing Algorithm은 영상의 해상력을 감소시켜 큰 변위가 없는 골절은 인지하기 어렵다고 하였으며, 삼차원재구성은 큰 골절편이 있는 골절의 진단에 도움을 준다고 하였다. Gillespie등<sup>19)</sup>도 삼차원재구성은 안면골에 다수의 골절이 있는 심한 외상환자에서 골절의 범위와 골절편의 변위를 보여주므로 매우 가치가 있으나, 골절편의 변위가 없는 작은 외상에서는 유용성이 감소된다고 하였다.

Levy등<sup>20)</sup>은 안면골 골절의 삼차원재구성상은 사용되는 재구성장치(processor)와 재구성하는 연산법(algorithm)에 의해 다양성을 보이므로, 이차원상과 함께 평가되어야 정확성이 있다고 하였고, Zinreich<sup>21)</sup>는 안면골 외상환자의 기본적인 진단 수단은 이차원상이지만 삼차원재구성상은 정확한 치료계획 수립에 도움이 될 수 있다고 하였다.

또한 Dolan과 Ruprecht<sup>22)</sup>은 삼차원재구성상은 필수적이지는 않지만, 하악골 전체를 한눈에 볼 수 있어 골절선과 인접 구조물의 관련여부를 알 수 있다고 하였다. Levy등<sup>23)</sup>은 관골의 완전분리골절(tripod zygomatic fracture)의 경우, 삼차원재구성을 위한 전산화단층 주사는 횡단면 주사가 관상면 주사보다 정보 손실이 적다고 하였으며, Gillespie등<sup>19)</sup>은 관골골절에서 삼차원상이 일반 방사선사진상보다 우수하나, 삼차원상보다 전산화단층상이 더 우수하다고 하였고, 광범위한 두개안면골의 외상환자에서는 삼차원상이 골절편의 인지에 가장 우수하다고 하였다.

한편 현재의 삼차원재구성을 위한 장비는 전산화단층촬영장치에 관련된 대규모 컴퓨터 시스템이나 고가의 프로그램이 요구되어, 경제적, 시간적, 공간적 제한이 따른다. 이에 전산화단층상의 데이터를 재배열하여 정보를 제공할 수 있는 삼차원재구성에 대한 관심이 증가되어 개인용 컴퓨터를 이용한 삼차원재구성을 형성하게 되었다. Takahashi등<sup>24)</sup>은 개인용 컴퓨터를 사용하여 수술중에 볼 수 없는 중이부위의 원창함요(round window niche)를 현미경상으로 얻어 삼차원적으로 재구성하였으며, Crass등<sup>25)</sup>은 현미경상을 삼차원으로 재구성하는데 사용되는 개인용 컴퓨터 프로그램 HVEM-3-D를 이용하여 전산화단층상 데이터와 초음파상 데이터로부터 삼차원재구성을 시도하였다. 그리고 Bianchi등<sup>26)</sup>은 건조두개골의 전산화단층사진상 데이터를 개인용 컴퓨터에서 Autodesk 3D studio and Animator Pro (Autodesk Inc., USA) 소프트웨어를 이용하여 삼차원재구성을 얻었다. 한편 본 대학에서는 송과 고<sup>27)</sup>가 건조두개골의 전산화단층상을 전산화단층촬영장치에 내장된 삼차원재구성 프로그램과 현미경상을 삼차원으로 재구성하는데 사용

되는 영상분석장치인 VIDAS(Vitek Immuno-Diagnostic Assay System, Kontron)를 이용하여 삼차원상으로 재구성한 후 이를 비교연구하였으며, 임과 고<sup>28)</sup>가 측두하악관절의 삼차원상을 비교평가한 바 있다.

본 연구의 목적은 최근 교통사고로 인해 증가되고 있는 안면골 외상환자의 전산화단층상의 삼차원 재구성 프로그램을 이용한 재구성과 컴퓨터영상분석장치를 이용한 삼차원재구성을 비교 평가함으로써 향후 개인용 컴퓨터의 삼차원 재구성 프로그램을 경제적, 시간적, 공간적 제한없이 보다 유용하게 사용하여 안면골 외상환자의 진단 및 술후 평가에 도움을 주고자 하는데 있다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

본 연구는 전북대학교 병원에 내원하여, 관전압 133kVp, 관전류 120mA, 노출시간 2초의 노출 조건으로 전산화단층촬영장치 Somatom Hi-Q (Siemens, Germany)로 촬영한 외상환자의 전산화단층사진상을 상악골, 관골 및 하악골 골절 등 외상별로 분류하고 촬영된 사진의 질과 골절양상 등을 고려하여 임의적으로 선택한 네명 환자의 전산화단층사진을 이용하였다.

### 2. 연구 방법

#### ① 전산화단층장치를 이용한 삼차원 재구성

전산화단층장치에 내장된 삼차원 재구성 프로그램 SOMARIS 3-D(Siemens)를 이용하였다. 저장된 데이터를 재생하여, 삼차원 재구성 프로그램의 대화형 모드(Interactive mode)에서 원하는 전산화단층상을 설정하고, 512x512 화소의 해상력(resolution format) 하에서 경조직에 대한 역치(threshold)를 +150HU로 설정하여 삼차원 재구성하였다. 삼차원효과를 위해 전면은 백색으로, 후방으로 갈수록 회색조의 심도를 부여하여, 여러 각도에서 상을 얻어 전산화단층촬영장

치 카메라(Digicam)로 출력하였다.

## ② 컴퓨터 영상분석장치를 이용한 삼차원재구성

전산화단층사진을 관찰대 위에 올려 놓고 고 해상도의 흑백 비디오 사진기(SONY DXC 3000 AP)로 입력하였다.

관찰대 위의 아나로그신호를 받아서 디지털신호로 변환된 비디오상(video images)은 EGA보드, 256단계의 회색조(gray scale)를 지원하는 화면잡기보드(frame grabber video board)와, 영상분석프로그램 VIDAS가 내장된 컴퓨터[IBM-PC/16bit, AT 호환기종(CPU 80286, RAM 4MB)]에 입력된다. 디지털 신호로 변환된 비디오상은 흑(black, gray value)과 백(white, gray value 255)의 회색조로 계수화된다. 이 입력된 디지털 신호로 변환된 상은 256x256, 또는 512x512 화소를 선택하고 상의 역치를 설정하여 이원화된 후의 상화면(image monitor)의 상은 데이터 화일(file)로 저장된다. 삼차원으로 구성하기 위해 각각의 단층촬영사진상에 기준점을 표시하여 순차적으로 개개 화일로 저장한다. 삼차원 구성시 표시된 자를 기준으로 눈금조정(calibration)을 하고 실제 주사된 폭을 각각의 상 폭으로 입력하여 삼차원 재구성상의 데이터를 얻게 되며, 이 데이터를 삼차원재구성상의 화일로 저장한다. 이 화일에서 256x256, 또는 512x512 화소를 선택하여 임의적으로 삼차원적인 X, Y, Z 축의 각도를 조정하고 상의 재구성 과정을 행함으로써 원하는 상을 얻을 수 있다. 이렇게하여 얻은 상에 색조를 선택하여 부여하고, 비디오 화면(video monitor)으로 이 동시켜 적녹청모드 (red-green-blue, RGB mode)에서 더욱 좋은 색조의 상으로 상을 변환시켜 video printer(UP-5000P)로 출력하였다.

## III. 연구 성적

### 1. 관찰면 변화에 따른 삼차원재구성상의 비교

상악골 골절에 대한 영상분석장치와 전산화단층촬영장치에 의한 정면 삼차원재구성상은 모두, 인위적인 형태로 보이며 공간적 부피감도 적

고, 골절선 관찰이 비교적 어렵다. 또한, 상악골은 상악동이 존재하고 상악골이 얇기때문에 삼차원재구성의 추출(extracting) 과정에서 상이 소실되어 파괴된 소견처럼 나타나 본래의 골절선과 구별하기가 힘들다. 영상분석장치에 의한 삼차원재구성상에서, 이러한 현상은 더욱 두드러지고, 수평적인 선이 인공적으로 나타날 수 있는데, 이는 단층면을 재구성하는 과정에서 나타나는 기술적 오차에 기인한다(Fig. 1. 참고).

상악골 골절을 삼차원 재구성한 45도 측면상은 우측 또는 좌측면을 자세히 관찰하기 위해서는 도움이 되나, 여전히 삼차원재구성 과정에서 상의 소실로 인한 파괴소견이 나타나므로 본래의 골절선과 구별하기가 힘들고 역시 정상골과 중첩된 부위는 골절 여부를 확인하기 어렵다(Fig. 2. 참고).

상악골 골절을 기저면에서 정면에 이르도록 약간 기울인 상에서, 전산화단층촬영장치에 의한 삼차원재구성상과 영상분석장치에 의한 삼차원재구성상은 모두 상악동이 존재하고 상악골이 얇기 때문에 삼차원 재구성의 추출과정중 상이 소실되어 파괴된 소견처럼 나타나므로 본래의 골절선과 구별하기가 힘들다. 또한 후방에 존재하는 골절부위는 정상골과 중첩되므로 골절 여부를 확인할 수 없다. 전산화단층촬영장치에 의한 삼차원재구성상이 영상분석장치에 의한 삼차원재구성상보다 해상력이 비교적 우수하며 상의 변형이 적다(Fig. 3. 참고).

### 2. 단층두께에 따른 삼차원재구성상의 비교

골절 양상이 유사한 세명의 상악골 골절환자에 대하여 각각 2mm, 3mm, 5mm 분할 주사한 전산화단층사진을 재료로 재구성한 삼차원 기저면상을 비교하였을때, 삼차원재구성상의 질은 2mm, 3mm, 5mm 순서로 상의 소실 증가, 해상력 감소, 상의 변형 증가가 관찰되며, 이러한 현상은 영상분석장치로 재구성한 상에서 두드러진다. 그러나, 전산화단층촬영장치와 영상분석장치로 재구성한 삼차원상 모두 골절의 구분 및 본래의 해부학적 위치에서 변위된 골절부위를 명확히 보여주고 있다(Fig. 3. 4. 5. 참고).

### 3. 관골 골절과 하악골 골절의 삼차원재구성상의 비교

전산화단층촬영장치와 영상분석장치로 재구성한 상은 골절 부위 뿐만 아니라 골절편의 변위 양상을 공간적으로 쉽게 인지하는 데 도움을 주며, 전산화단층촬영장치에 의한 삼차원재구성상과 영상분석장치에 의한 삼차원재구성상의 해상력과 상의 변형정도가 비교적 비슷하다. 한편 영상분석장치에서는 색조의 변화에 의해 골절을 더욱 명확히 인지할 수 있다(Fig. 6. 참고).

## IV. 총괄 및 고안

안면골은 다양한 크기, 모양, 두께의 골로 구성되어, 외부 힘에 저항할 수 있는 골격 배열을 보여주므로 안면골 외상시 다양한 골절의 양상을 볼 수 있다. 안면골 외상환자에서 삼차원재구성상은 전산화단층상의 데이터를 재배열하여 공간적으로 형성함으로써 안면골 골절의 위치, 범위, 형태 및 골절편의 변위 정도를 공간적으로 파악하여 골절에 대한 관찰에 도움을 주고, 수술 계획 및 술후 평가, 환자 관리에 보다 많은 정보를 제공할 수 있다<sup>2)</sup>.

Mayer<sup>16)</sup>은 삼차원재구성상보다 전산화단층상이 상악골 골절의 진단에 보다 유용하나, 상악골의 광범위한 분쇄 골절의 경우에는 삼차원상이 진단에 도움이 된다고 하였다. 본 연구에서 상악골 골절은 상악골의 두께가 얇아 삼차원 재구성 과정에서 상이 소실됨으로써 가성공(pseudoforamina)이 나타나 본래의 골절과 구분하기 어려웠다. 이러한 현상은 전산화단층촬영장치보다 영상분석장치로 재구성한 상에서 비교적 많이 나타났다. Gillespie<sup>19)</sup>은 관골 골절에서 삼차원상이 일반 방사선사진상보다 우수하나, 삼차원상보다 전산화단층상이 보다 우수하다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 관골 골절의 변위 양상을 관찰하는 데에는 전산화단층촬영장치와 영상분석장치로 재구성한 삼차원재구성상이 전산화단층상보다 더 유용하다고 생각된다. Dolan과 Ruprecht<sup>22)</sup>와 Mayer<sup>16)</sup>은 하악골의 골절에

대해 삼차원재구성상은 필수적이지 않다고 하였으며, 본 연구에서도 전산화단층촬영장치와 영상분석장치로 재구성한 삼차원상이 이차원상과 비슷한 정보를 주고 있다고 생각된다. 이러한 삼차원상의 평가에 대하여 Friedman<sup>7)</sup>은, 삼차원재구성상에 대한 평가는 관찰자에 따라 매우 다른데, 초보자는 이차원상을 삼차원의 두뇌영상으로 전환시키는 능력이 매우 낮으므로 삼차원재구성상이 매우 유용하나 숙련된 관찰자는 두뇌영상으로 전환시키는 능력이 우수하므로 삼차원재구성상의 유용성이 감소된다고 하였다. 또한 삼차원재구성상은 상의 변형과 보고자 하는 부위가 정상적인 구조물과 중첩되어 관심부위를 보여주지 못할때에는 유용성이 상실된다고 하였다. 즉, 삼차원재구성상은 이차원상에 비해 전체적인 평가를 쉽게 할 수 있게 하지만, 새로운 정보를 가져다주지는 않는다고 하였다. 그러나 Zinreich<sup>21)</sup> 삼차원재구성상에서는 길이 측정, 회전, 확대가 가능하며, 분할하여 중첩된 부위를 제거함으로써 원하는 부위의 골절을 측정, 관찰할 수 있다고 하였다. 본 연구에서도, 삼차원재구성상의 회전, 확대 등에 의해 원하는 부위를 자세히 관찰할 수 있었으며, 길이 측정 기능으로 골절의 크기를 파악할 수 있었다. 따라서 안면골 외상환자의 평가시에는 일반 방사선사진상, 이차원의 전산화단층상, 삼차원재구성상을 보완적으로 이용해야 할 것으로 사료된다.

안면골 외상환자의 삼차원재구성상은 사용되는 장치와 운용되는 연산법에 의해 많은 다양성을 가진다<sup>20)</sup>. 전산화단층촬영장치를 이용한 삼차원재구성상의 형성은 직사각형의 voxel을 정사각형의 voxel로 형성하는 보간법, 원하는 부위를 보기위한 역치설정, 순차적인 상의 형성과 심도 부여 과정으로 이루어진다<sup>4)</sup>. 이 과정에서 보간법 및 역치설정에 의해서 부분용적평균 효과(partial volume averaging effect)로 인한 가성공을 형성하기도 한다<sup>23)</sup>. 그러나 역치변화가 아닌 조명변화에 의한 표면 증가는 삼차원재구성상의 표면 해상력을 증가시켜 삼차원재구성상의 정확성에 영향을 미친다<sup>20,29)</sup>. 또한 모든 구조물에 관한 정보를 나타낼 수 있는 볼륨렌더링(volume rendering)을 한 경우, 물체의 경계를 표현한 표면렌더

링(surface rendering)보다 변위되지 않은 골절부위의 관찰이 용이하다<sup>30)</sup>.

전산화단층촬영장치를 이용한 삼차원재구성상은 광 디스크(optic disk)에 저장된 영상자료를 재생시켜 형성하는 경우, 영상자료의 손실을 가져와 상의 해상력과 선명도를 감소시킨다. 전산화단층촬영장치를 이용한 이차원 전산화단층상을 삼차원상으로 재구성하는 작업은 복잡하지는 않으나, 비교적 작업 시간이 긴 단점이 있다.

컴퓨터영상분석장치를 이용하는 경우에는 Charge Coupled Device(CCD)카메라와 화면잡기보드를 이용하여 단층상을 입력시키는 아날로그-디지털 전환(analog-digital transformation) 과정으로, 전산화단층상의 직접투사가 필요하며, 이 과정에서 원하는 부위의 전산화단층상의 확대도 수준과 카메라의 CCD 소자수에 의해 해상력 제한을 받게되어 상자료의 손실이 일어날 수 있다<sup>1)</sup>. 한편, Hidebolt 등<sup>31)</sup>은 비디오사진기-아날로그-디지털 변환기(video camera-analog to digital converter)와 CCD scanner의 digital imaging system을 비교하고 CCD scanner의 우위성을 보고한 바 있다.

또한 입력시 임의로 설정한 기준점에 의해 각각의 이차적 상이 입력되는데, 이때 약간의 오차는 삼차원재구성상에서 단층면과 단층면사이의 평행적인 골절선과 유사한 삼차원재구성상의 왜곡을 나타내게 된다. 그러므로 현재는 컴퓨터 영상분석장치의 기준점에 대한 논란이 있고 해결방안이 모색되고 있다<sup>32)</sup>.

삼차원재구성상의 화소 크기에 영향을 미치는 또 하나의 문제는 컴퓨터용량의 제한성이다<sup>27)</sup>. 본 연구에 사용된 영상분석장치의 컴퓨터가 IBM-PC/16bit, AT 호환기종(CPU 80286, RAM 4MB)으로써 삼차원재구성에 제한적인 요소를 가지고 있다. 2mm 단층촬영된 상악골 골절환자의 전산화단층상을 512x512 화소로 입력한 후 삼차원 재구성상을 얻기 위해 512x512 화소를 선택하여 재구성하려 하였으나, 컴퓨터 기억용량의 한계로 인해, 512x512 화소로 입력한 전산화단층상을 256x256 화소로 재구성하였다. 그러나, 단층면의 갯수가 적은 3mm 분할 주사한 관골 골절과 5mm 분할 주사한 하악골 골절환자의 전산화단층상은

512x512 화소로 입력하고 512x512 화소로 재구성하였다. 이 컴퓨터 사양을 보다 현대적으로 진전시킨다면 해상력이 더 높은 삼차원재구성상을 적은 작업시간으로 얻을 수 있을 것이며, 기타의 보조화일을 다른 곳에 저장하기 위한 노력이 필요 없을 것이다.

영상분석장치를 이용한 삼차원상의 재구성은 이차원상을 입력하고, 삼차원상으로 재구성하는데 소요되는 작업시간이 길 뿐만 아니라, 술자가 원하는 상을 얻기 위해 행해야 하는 일련의 과정을 설정하여 입력해야 하는 복잡한 재구성과정이 필요하며, 동적상(real time rotation)이 없는 정적상(static image)으로 표현된다. 또한 표현된 상은 보간법(interpolation)없이 계산(calibration)되어 가장자리 계단상이 나타난다<sup>27)</sup>. 영상분석장치를 이용하여 표현된 삼차원재구성상은 비디오 화면(video monitor)으로 이동시켜 적녹청 모드에서 더욱 좋은 색조의 상으로 변환시켜 출력되므로 원근감 부여와 함께 원하는 골절 부위를 일시에 볼 수 있도록 더욱 선명하게 강조시킬 수 있다.

이차원상의 조건은 삼차원재구성상에 큰 영향을 주기 때문에 정확한 삼차원재구성상을 얻기 위해서는 재구성 과정뿐만 아니라 이차원상 데이터를 얻는 과정에서 부분용적효과로 인한 부정확성을 감소시킬 수 있다. 이차원상의 단층면 두께를 가능하면 감소시켜 voxel이 같은 크기가 될수록 부분용적평균효과도 비례하여 감소되므로 상이 보다 선명하고 정확하다.

또한 이차원상 연산법에 고려하여야 할 것이 안면골의 정상 해부학적 구조물 즉, 봉합선, 공(foramina), 골 격벽 등의 존재이다. 삼차원상은 크기가 크고 밀도가 높은 안면골은 잘 보여주나, 작고 얇은 골, 즉 사골, 비골, 누골, 상악골 등은 잘 보여주지 못한다. 그러므로 크기가 크고 밀도가 높은 골과 연조직내의 작은 골편을 확인하기 위해 역치 조정이 필요하다. 즉, 원하는 데이터보다 높은 역치설정의 오류는 삼차원재구성상에 가성공을 형성하게 된다<sup>4,13,23,33)</sup>. 따라서 자동역치설정 연산법이 이상적이거나, 현재는 국소적으로 밀도가 높은 골에는 높은 역치설정, 밀도가 낮은 골에는 낮은 역치를 설정하는 대화형 연산

법이 사용되고 있다<sup>20)</sup>. 그러나 너무 낮은 색조준위(window level)설정은 연조직 표면에 의해 골절선이 나타나지 않을 수도 있다<sup>22)</sup>. 그러므로 부위마다 다양한 역치를 설정하여, 원하는 데이터를 모두 포함되도록 하여야 한다.

본 연구에 사용된 전산화단층상의 분할주사는 중첩되지 않았다. Vannier등<sup>9)</sup>은 삼차원재구성을 위한 분할 주사면은 연속적이며, 등간격으로 중첩되지 않게 얻어져야한다고 하는 반면, 얇고 중첩되어야 한다고 주장되기도 한다<sup>21)</sup>. 그러나 Hemmy와 Tessier<sup>13)</sup>는 단층면의 중첩은 상의 해상력과 변형에 영향을 미치지 않는다고 하였다.

주사 각도도 안면골 골절의 삼차원상에 영향을 미치는데, 일반적으로 단층면에 수직적이거나 비스듬한 골절상이 명확히 관찰되는 반면, 단층면에 평행한 골절은 분명히 보여주지 못하기 때문이다. 일반적으로 관상면 주사가 횡단면 주사보다 안면골의 수평적인 성분에 수직적이며, 더우기 Le Fort 골절에 수직적이므로 우수하다고 평가되어지나, 관상면 주사를 위한 환자의 자세가 불편하므로 임상적으로는 거의 사용되지 않는다<sup>34)</sup>. Dolan과 Ruprecht<sup>22)</sup>은 하악골의 골절이 보통 수직적으로 발생하므로, 횡단면 분할주사가 유리하다고 하였다.

또한 삼차원재구성상의 변형을 감소시키기 위해서는 촬영도중 환자가 움직이지 않도록 환자의 안정이 요구되며, 주사시간이 감소되어야 한다. 그러나, 얇은 단층면을 얻기 위해서는 많은 수의 분할주사가 요구되며, 주사시간이 길어져 환자의 불편함에 의한 움직임으로 상의 왜곡이 생길 수 있고, 부가적으로는 환자에 대한 방사선 조사량이 증가된다<sup>1)</sup>. Hemmy등<sup>11)</sup>은 안면골에 대해 1.5mm 단층두께로 45 단층면을 사용하였으며, Shellhas등<sup>12)</sup>은 악안면 수술 계획시 삼차원재구성상의 정확성은 고해상도의 이차원상의 얇은 단층상이 요구된다고 하였다. 그러나 Dolan과 Ruprecht<sup>18,22)</sup>은 하악골과 상악골 골절의 평가에서 단층 두께 4-5mm를 이용하여 삼차원재구성을 구성하였고, Gillespie등<sup>19)</sup>은 해부학적으로 복잡한 부위는 1.5mm, 그 외의 부위는 3mm의 단층두께를 사용하였다. 본 연구에서는 골절 양상이 유사한 세명의 상악골 골절환자의 각각 2mm, 3mm,

5mm 분할 주사한 전산화단층사진을 재료로 재구성한 삼차원 기저면상을 비교하였을때, 삼차원재구성상의 상의 변형과 해상도에 대한 우수성은 2mm, 3mm, 5mm 순서로 나타나나, 모두 골절부위를 잘 보여주고 있다. 따라서 상악골 외상환자의 골절을 삼차원적으로 손쉽게 보고자 할때는 5mm 분할주사하여 주사시간을 짧게함으로써 환자의 불편을 최소화 할 수 있을 것으로 사료된다.

최근에는 고속의 전산화단층촬영기의 개발로, 촬영 시간이 짧아 환자의 움직임에 따른 상의 변형이 없고 단층 두께를 얇게하여 촬영이 가능하므로, 더욱 우수한 삼차원재구성상을 형성할 수 있을 것으로 생각된다.

또한 컴퓨터 그래픽스기술과 디지털영상의 발달로 고해상도, 최고속도 삼차원재구성상을 형성할 수 있을 것이다. 이러한 상은 전송장치(Fax system)에 의해 공간적 제약없이 어느 장소에서나 모니터에서 관찰할 수 있다<sup>2)</sup>. 그러나 삼차원재구성상은 이차원상으로 삼차원상의 형태를 보여주므로<sup>35)</sup>, 현재는 전산화단층상 데이터로부터 직접 골격 구조의 정확한 모형을 형성하기 위해, CADD-CAM 기술을 사용하여 삼차원상 데이터로부터 고품의 삼차원 모델(3-D model)을 만들어 수술에 사용하고 있다<sup>2,9,11,36-39)</sup>.

본 연구는 안면골 외상환자의 전산화단층상을 이용하여, 전산화단층촬영장치를 이용한 삼차원재구성상과 영상분석장치를 이용한 삼차원재구성상을 비교 평가함으로써, 향후 안면골 외상환자에서 골절의 형태와 위치를 공간적으로 이해하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 수술 계획과 술후 평가시 더욱 유용한 정보를 제공함으로써 종래의 전산화단층상의 진단학적 가치를 증진시킬 수 있을 것이다. 향후 고가의 장비와 장소, 시간의 제한없이 개인용 컴퓨터를 사용함으로써, 수술실 또는 어떠한 진료공간에서라도 입력된 데이터를 통해 간편하게 삼차원재구성상을 얻을 수 있다면 안면골 외상환자의 평가에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 안면골 외상환자의 공간적 위치관계를 보다 명확히 평가함으로써 안면골 골절의 진단, 수술 및 술후 평가에 도움을 주고자 외상환자를 대상으로 전산화단층사진을 촬영한 후 전산화단층촬영장치와 컴퓨터영상분석장치를 이용하여 삼차원 재구성상을 얻고 이를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 안면골 골절은 일련의 전산화단층상에서 자세히 관찰할 수 있었으며, 삼차원 재구성상에서 일시에 대략적인 정보를 얻을 수 있었다.
2. 단층의 두께가 얇은 삼차원재구성상이 두꺼운 단층상의 삼차원재구성상보다 해상력이 좋고, 변형이 적은 삼차원재구성상을 형성하였다.
3. 기저부에서 상방으로 약간 기울인 삼차원재구성상에서 안면골의 골절이 가장 잘 관찰되었다.
4. 상악골 골절은 삼차원재구성상에서 골절선의 파악이 어려웠다.
5. 관골 골절은 전산화단층촬영장치에 의한 삼차원재구성상과 컴퓨터영상분석장치로 재구성한 삼차원상 모두에서 골절편의 변위양상이 잘 관찰되었다.
6. 하악골 골절은 전산화단층촬영장치에 의한 삼차원재구성상과 컴퓨터 영상분석장치에 의한 삼차원재구성상 모두에서 골절편의 변위양상이 잘 관찰되었으며, 컴퓨터영상분석장치에 의한 삼차원재구성상에서는 색조 변화에 의해 골절의 인지가 비교적 쉬웠다.

## REFERENCES

1. Brooks, S. L. : Computed tomography, *Dental Clinics of North Am.* 37(4):575-590, 1993.
2. Alling C. C. III. and Osbon, D. B. : Maxillofacial trauma, Philadelphia, Lea & Febiger, pp38-1386, 1988.
3. Totty, W. G. and Wannier, M. W. : Complex musculoskeletal anatomy: analysis using three dimensional surface reconstruction, *Radiol.* 150: 173-177, 1984.
4. Zonneveld, F. W., Lobregt, S., Jacques, C. H., van der Meulen and Vaandrager, J. M. : Three-dimensional imaging in craniofacial surgery, *World J. Surg.* 13:328-342, 1989.
5. Schellhas, K. P., Wilkes, C. H., Check, R. K., Heith-off, K. B. and Fritts, H. M. : Three-dimensional computed tomography in maxillofacial surgical planning, *Arch Otolaryngol. Head Neck Surg.* 114: 438-442, 1988.
6. Zonneveld, F. W. and Noorman M. F. : Three-dimensional imaging and model fabrication in oral and maxillofacial surgery, *Oral Maxillofac. Surg. Clinics North Am.* 4(1):19-33, 1992.
7. Friedman, M., Mafee, M., Ray, C. and Venkatesan, T. K. : Three-dimensional imaging for evaluation of head and neck tumors, *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 119:601-607, 1993.
8. Tomura, N., Miyauchi, T., Shindo, M., Seino, Y., Watanabe, M., Miura, H., Watarai, J., Kato, T., Togawa, I. and Kowada, M. : Three-dimensional computed tomography in the head and neck diseases with bony abnormalities, *Comput. Med. Imaging and Graphics* 17(6): 411-420, 1993.
9. Vannier, M. W., Marsh, J. L. and Warren, J. O. : Three dimensional CT reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation, *Radiol.* 150:179-184, 1984.
10. Ono, I., Ohura, T., Narumi E., Kawashima, K., Matsuno, I., Nakamura, S., Ohhata, N., Uchiyama, Y., Watanabe, Y., Tanaka, F. and Kishinami, T. : Three-dimensional analysis of craniofacial bones using three-dimensional computer tomography. *J. Craniomaxillofac. Surg.* 20: 49-60, 1992.
11. Hemmy, D. C., David, D. J. and Herman, G. T. : Three-dimensional reconstruction of craniofacial deformity using computed tomography, *Neurosurgery* 13:534-541, 1983.
12. Shellhas, K. P., Wilkes, C. H., Check, R. K., Larsen, J. W., Heithoff, K. B. and Fritts, H. M. : Three-dimensional computed tomography in maxillofacial surgical planning, *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 114:438-442, 1988.
13. Hemmy, D. C. and Tessier, P. L. : CT of dry skulls with craniofacial deformities: accuracy of three-dimensional reconstruction, *Radiol.* 157: 113-116, 1985.
14. Roberts, D., Pettigrew, J., Udupa, J. and Ram, C. : Three-dimensional imaging and display of

- the temporomandibular joint, *Oral Surg.* 58: 461-474, 1984.
15. Pettigrew, J., Roberts, D., Riddle, R., Udupa, J., Collier, D. and Ram, C. : Identification of an anteriorly displaced meniscus in vitro by means of three-dimensional image reconstructions, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 59: 536-542, 1985.
  16. Mayer, J. S., Wainwright, D. J., Yeakley, J. W., Lee, K. F., Harris, J. H. and Kulkarni, M. : The role of three-dimensional computed tomography in the management of maxillofacial trauma, *J. Trauma* 28(7):1043-1053, 1988.
  17. Manson, P. N., Markowitz, B., Mirvis, S., Dunham, M. and Yaremchuk, M. : Toward CT-based facial fracture treatment, *Plast. Reconstr. Surg.* 85(2):202-12, 1990.
  18. Dolan, K. D. and Ruprecht, A. : Imaging of mid- facial fractures, *Oral Maxillofac. Surg. Clinics North Am.* 4(1):125-151, 1992.
  19. Gillespie, J. D., Isherwood, I., Barker, G. R. and Quayle, A. A. : Three-dimensional reformations of computed tomography in the assessment of facial trauma, *Clinical Radiol.* 38:523-526, 1987.
  20. Levy, R. A., Edwards, T., Meyer, J. R. and Rosenbaum, A. E. : Facial trauma and 3-D reconstructive imaging : Insufficiencies and correctives, *AJNR* 13:885-892, 1992.
  21. Zinreich, S. J. : 3-D reconstruction for evaluation of facial trauma, *AJNR* 13:893-895, 1992.
  22. Dolan, K. D. and Ruprecht, A. : Imaging of mandibular and temporomandibular joint fractures, *Oral Maxillofac. Surg. Clinics North Am.* 4(1):113-123, 1992.
  23. Levy, R. A., Kelaman, R. M. and Rosenbaum, A. E. : The effect of computed tomographic scan orientation on information loss in the three-dimensional reconstruction of tripod zygomatic fractures, *Invest. Radiol.* 26:427-431, 1991.
  24. Takahashi, H., Sando, I., and Takagi, A. : Computeraided three-dimensional reconstruction and measurement of the round window niche, *Laryngoscope* 99:505-509, 1989.
  25. Crass, J. R., Cohen, A. M. and Miron, S. D. : Radiologic application of a microcomputer-based three-dimensional imaging system, *AJR* 158:673-674, 1992.
  26. Bianchi, S. D., Tornincasa, S., Morello, G. M. and Ramieri, G. : 3D reconstruction of 2D radiographic data on a low-cost personal computer, *Dentomaxillofac. Radiol.* 21:225-226, 1992.
  27. 송남규, 고평준 : 전산화 단층상을 이용한 안면골의 3차원재구성상의 비교 연구, *대한구강악안면방사선학회지* 22(2):283-292, 1992.
  28. 임숙영, 고평준 : 전산화단층상을 이용한 측두하악관절의 삼차원 재구성상의 비교연구, *대한구강악안면방사선학회지* 23(2):335-346, 1993.
  29. Lofchy, N. M., Stevens, J. K., Brown, D. H. : Three-dimeninal imaging of the parapharyngeal space, *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 120: 333-336, 1994.
  30. Fishman, E. K., Drebin, B., Magid, D. and Scott, W. W. : Volumetric rendering techniques : Applications for three-dimensional imaging of the hip, *Radiol.* 163:737-738, 1987.
  31. Hildebolt, C. F., Vannier, M. W. and Pilgram, T. K. : Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging systems, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 70:661-668, 1990.
  32. Clarke, G. E., Hamilton, P. W. and Montgomery, W. A. : Aligning histological serial sections for three-dimensional reconstruction using an excimer laser beam, *Path. Res. Pract.* 189: 563-566, 1993.
  33. Goodenough, D., Weaver, K., Davis, D. and LaFalce, S. : Volume averaging limitations of computed tomography, *AJR* 138:313-316, 1982.
  34. Gentry, L. R., Manor, W. F., Turski, P. A. and Strother, C. M. : High-resolution CT analysis of facial struts in trauma: 1. Normal anatomy, *AJR* 140:523-532, 1983.
  35. Fishman, E. K., Magid, D., Ney, D. R., Drebin, R. A. and Kuhlman, J. E. : Three-dimensional Imaging and display of musculoskeletal anatomy, *J. Comput. Assist. Tomogr.* 12:465-467, 1988
  36. Ney, D. R., Fishman, E. K., Kawashima, A., Robertson, D. D. and Scott, W. W. : Comparison of helical and serial CT with regard to three-dimensional imaging of musculoskeletal anatomy, *Radiol.* 185:865-869, 1992.
  37. Fischer J. E.: CAD/CAM subperiosteal implants in Australia. Case report, *Australian Dental J.*



- 38(4): 261-4, 1993.
38. Rose, E. H., Norris, M. S. and Rosen, J. M. : Application of high-tech three-dimensional imaging and computergenerated models in complex facial reconstructions with vascularized bone grafts, *Plast. Reconstr. Surg.* 91(2): 252-264, 1993.
  39. Ono, I., Gunji, H., Suda, K. and Kaneko, F. : Method for preparing and exactsize model using helical volume scan computed tomography, *Plast. Reconstr. Surg.* 93:1363-1371, 1994.
  40. Miles, D. A. : Imaging using solidstate detectors, *Dental Clinics of North Am.* 37(4), 531-540, 1993.
  41. Yune, H. Y., Two-dimensional-three-dimensional reconstruction computed tomography techniques, *Dental Clinics of North Am.* 37(4): 613-626, 1993.
  42. Wells, W. A., Path, M. R. C. and Rainer, R. O. : Basic principles of image processing, *Anatomic Pathology* 98(5):493-501, 1992.
  43. Farman, A. G. and Scarfe, W. C. : Pixel perception and voxel vision: constructs for a new paradigm in maxillofacial imaging, *Dentomaxillofac. Radiol.* 23:5-9, 1994.
  44. Kassebaum, D. K., McDavid, W. D., Dove, S. B. and Waggener, R. G. : Spatial resolution requirements for digitizing dental radiographs, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 67:760-769, 1989.
  45. West, M. J. and Skytte, J. : Anatomical Modeling with Computer-Aided Design, *Computers and Biomedical Research* 19:535-542, 1986.
  46. Seldon, L. : Three-dimensional reconstruction of temporal bone from computed tomographic scans on a personal computer, *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 117:1158-1161, 1991.
  47. Foster C. A. and Sherman J. E. : Surgery of facial bone fracture, Churchill Livingstone, 1987.
  48. Dolan, K. D., Jacoby, C. G. and Smoker, W. R. K.: Radiology of facial injury, 2nd ed., Philadelphia, Field & Wood, 1988.
  49. Dolon, W. C., Young, P. and Vassiliadis, A. : Three-dimensional computed tomography for maxillofacial surgery : Report of Cases, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 46:142-147, 1988.
  50. Delbalso, A. M. : Maxillofacial imaging, Philadelphia, W.B. Saunders Co., pp35-128, 1990.

## A COMPARATIVE STUDY OF THREE DIMENSIONAL RECONSTRUCTIVE IMAGES USING COMPUTED TOMOGRAMS OF FACIAL BONE INJURIES

Eun-Suk Choi, Kwang-Joon Koh

*Department of Oral & Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chonbuk National University*

The purpose of this study was to clarify the spatial relationship in presurgical examination and to aid surgical planning and postoperative evaluation of patients with facial bone injury.

For this study, three-dimensional images of facial bone fracture were reconstructed by computed image analysis system and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography.

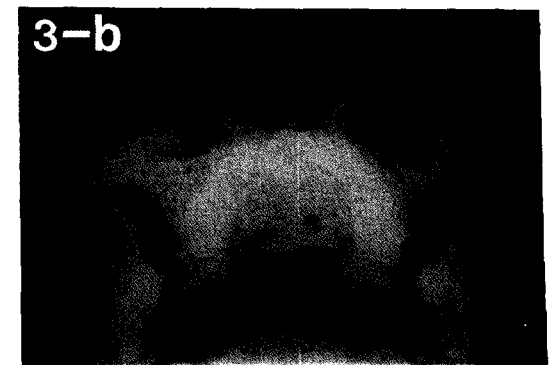
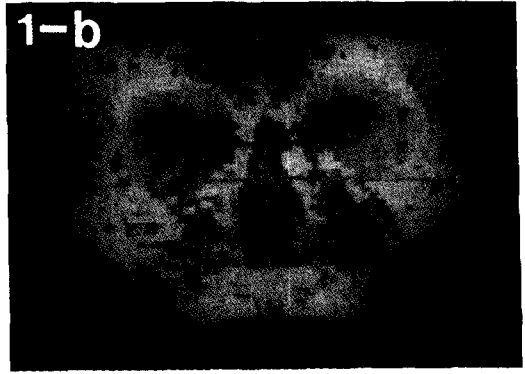
The obtained results were as follows:

1. Serial conventional computed tomograms were value in accurately depicting the facial bone injuries and three-dimensional reconstructive images demonstrated an overall look.
2. The degree of deterioration of spatial resolution was proportional to the thickness of the slice.
3. Facial bone fractures were the most distinctly demonstrated on inferoanterior views of three-dimensional reconstructive images.
4. Although three-dimensional reconstructive images made diagnosis of fracture lines, it was difficult to identify maxillary fractures.
5. The diagnosis of zygomatic fractures could be made equally well with computed image analysis system and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography.
6. The diagnosis of mandibular fractures could be made equally well with computed image analysis system and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography. .

## 사진 부도

- Fig. 1.** Three-dimensional frontal view of maxillary fracture : computed image analysis system(Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)
- Fig. 2.** Three-dimensional 45° lateral oblique view : computed image analysis system (Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)
- Fig. 3.** Three-dimensional inferoanterior view of maxillary fracture(2mm sectioned): computed image analysis system(Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)
- Fig. 4.** Three-dimensional inferoanterior view(3mm sectioned): computed image analysis system(Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)
- Fig. 5.** Three-dimensional inferoanterior view(5mm sectioned): computed image analysis system(Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)
- Fig. 6.** Three-dimensional inferoanterior view : computed image analysis system(Rt.) and three-dimensional reconstructive program integrated in computed tomography(Lt.)

논문사진부도 ①



논문사진부도 ②

4-a



4-b



5-a



5-b



6-a



6-b

