

전산화단층상을 이용한 안면골의 3차원재구성상의 비교 연구

전북대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실

송남규·고광준

목 차

- I. 서 론
- II. 연구대상 및 방법
- III. 연구결과
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

컴퓨터의 발전과 더불어 해상력이 좋은 전산화 단층촬영장치가 개발되고 자기공명영상등을 이용할 수 있게 됨으로써 인체구조의 해부학적 형태와 병변을 보다 자세히 관찰할 수 있게 되었다.

그러나 일반 진단방사선 사진상, 전산화 단층사진상 및 자기공명영상 등은 단지 2차원 단면상만을 제공하므로 각기 다른 촬영법으로 나타난 동일부위의 다른 영상을 임상가의 공간인지능력으로 인식하여야 한다. 따라서 인체구조의 공간적 위치를 인식하는 데에는 추상적이라는 제한성을 갖고 있다. 또한 공간인지능력으로 구성된 3차원 상은 영구적으로 보존할 수 없으며 이를 다시 인지하려면 방사선사진을 다시 관찰하여야 하는 시간과 노력이 요구된다.

현재 악안면부위의 기형의 진단 및 치료시에는 임상검사와 함께 두부방사선규격사진, 안모규격 사진, 치과용 석고 모델 등의 분석이 시행되고 있다. 이러한 여러 과정은 많은 경험이 요구될 뿐만 아니라, 균형적인 기형(골격성 II, III급부정교합등)의 진단 및 치료 시에는 정확성이 있으나 불균형적인 기형(편측성 안모기형등)인 경우에는 실제 3차원적 공간 문제에 부딪히게 된다.

1986년 Gray¹⁾는 컴퓨터를 이용하여 2차원 단면상을 연속적으로 중첩시켜 3차원 상을 재구성할 수 있다는 개념을 제시하였고 이후 컴퓨터그래픽스 이론²⁾과 디지털 영상기술의 발전에 힘입어 영상의 재구성이 이루어질 수 있게 되었다. 이러한 3차원 상은 진단적 가치가 있을 뿐만 아니라 방사선 치료 및 외과적 수술시에도 응용될 수 있으며 임상적 필요성에 의하여 이의 이용이 더욱 증가될 전망이다. 그러나 3차원 상의 재구성을 위한 장비들은 대규모 컴퓨터시스템이나 3차원 상을 만들 수 있는 프로그램과 독립된 전산화 단층촬영조정기(CT console)가 필요하다. 따라서 실제 임상에서 3차원상의 이용은 경제적, 시간적 제한이 따른다.

1989년 Zonneveld등³⁾과, Marsh와 Vannier(1983)⁴⁾, Vannier(1984)⁵⁾, Hemmy등(1983)⁶⁾과 Hemmy와 Tessier(1985)⁷⁾는 두개안면 변형증 환자의 전산화 단층사진상을 이용하여 골격기형을

3차원 상으로 재구성함으로써 두개안면기형 환자의 술전 평가에 많은 도움을 줄 수 있게 되었다. 또한 Conroy와 Vannier(1984)⁸⁾는 두개골 화석을 고해상도 전산화 단층촬영장치를 이용하여 3차원상으로 재구성 하였으며 Fishman등(1988)⁹⁾과 Merz(1983)¹⁰⁾등은 건전한 사체를 대상으로 전산화 단층사진상과 컴퓨터 그래픽스를 이용하여 전신을 3차원 상으로 재구성하였다. 또한 Delp등(1990)²⁾은 컴퓨터그래픽스 프로그램을 이용하여 하지(lower extremity) 근골격계를 3차원 상으로 구성한 전산화 수술 모의 장치를 고안하였으며, Cutting등(1986)¹¹⁾은 후전위 및 측방두부방사선 규격사진과 전산화 단층사진상을 이용하여 3차원상을 재구성한 후 두개안면 수술이 시행되는 동안 골편의 전후 위치의 최적지를 계산하였다. Matteson등(1989)¹²⁾은 두부규격 방사선사진과 3차원 재구성 상의 평가를 시행하였으며, McCance등(1992)^{13,14)}은 골격성 III급부정교합으로 상하악 동시 골절단술을 시행한 환자를 대상으로 전산화단층사진상과 레이저를 이용한 3차원 재구성 상으로 수술 전후의 변화를 관찰하였다. Takahashi등(1989)¹⁵⁾은 개인용 컴퓨터를 이용하여 중이부위의 수술중에서 볼 수 없는 원창함요(round window niche)를 3차원적으로 구성하였다. Robert등(1984)¹⁶⁾과 Kursunoglu등(1986)¹⁷⁾은 측두하악관절을 전산화 단층사진상을 이용하여 3차원상으로 재구성하여 관절의 형태학적 특성을 연구하였고 Moaddab등(1985)¹⁸⁾은 전산화단층사진상과 컴퓨터 그래픽스 프로그램을 이용하여 3차원 상을 재구성하여 관절의 형태학적 특성을 연구하였다.

한편 국내에서는 김과 유(1990)¹⁹⁾가 일반 개인용 컴퓨터를 이용하여 의료영상의 3차원 구성 및 정위고정성수술(stereotactic surgery)의 3차원 전산화 모의장치 연구를 시행한 바 있다.

그러나 컴퓨터영상분석장치(computer image analysis system)와 전산화단층촬영장치에 내장된 3차원 재구성 프로그램을 이용한 전산화 단층사진상의 재구성에 관한 비교연구는 미흡한 실정이다.

이에 저자는 악안면 부위의 기형 및 병변의 공간적 위치 관계를 보다 명확히 평가하고 이를

실제 임상에 적용하기 위한 시도로써 컴퓨터영상분석장치와 전산화단층촬영장치를 이용한 안면골의 3차원 재구성을 비교 분석하여 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 연구대상 및 방법

1) 실험재료

건전한 건조 두개골을 특별히 고안 제작한 기구(Fig. 1)안에 넣고 전산화단층촬영장치(Siemens SOMATOM PLUS/HiQ)내에 고정시킨 뒤 주사시간 2sec, 관전류 60mA, 관전압 133kVp, 두께 2mm간격으로 총 73영상을 얻었다.

2) 연구방법

각각의 영상을 영상처리회로(grabber video board frame)가 내장된 IBM개인용 컴퓨터(CPU : intel 80286, RAM : 4MB)에 영상분석 프로그램(Image analysis system program : VIDAS 2.0, 제조회사 Kontron)을 이용하였다(Fig. 2). 관찰대 위에 놓여진 단층 영상의 아나로그신호가 CCD 카메라(SONY DXC 3000AP)에서 디지털 신호로 변환되고 이 영상은 512×512 화소 내로 나타나게 된다. 영상처리회로는 영상을 black(gray value 0), white(gray value 255)와 254개의 gray단계로 계수화하여 이 정보를 개개의 화일로 보조기억장치(hard disk)에 저장하였다²⁰⁾.

각각의 단층상을 3차원으로 재구성하기 위하여 입력된 영상에 균일한 폭을 부여하여 단층촬영시 표시된 위치를 기준으로 순차적으로 입력하였다. 화면상에 두개골이 3차원 상으로 구성되었을 때 임의의 부위를 잘라가면서 다시 상을 재구성하였다. 이렇게 하여 나온 영상을 영상출력기(SONY UP-5000P)를 통하여 출력시켰다.

또한 전산화 단층촬영장치에 내장되어 있는 3차원 재구성 프로그램(SOMARIS 3-D)으로²¹⁾ 두개골을 3차원으로 재구성한 상을 출력시켜 영상분석장치에서 출력된 영상과 비교분석하였다.

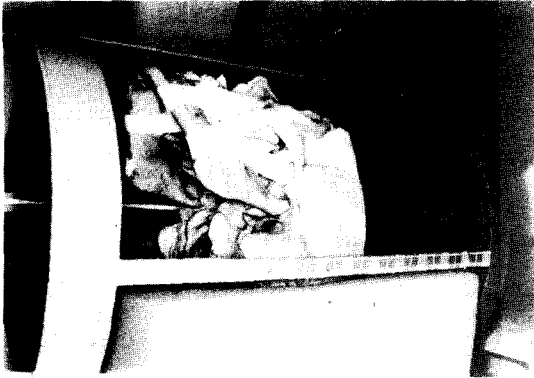


Fig 1. Head positioning device for computed tomography

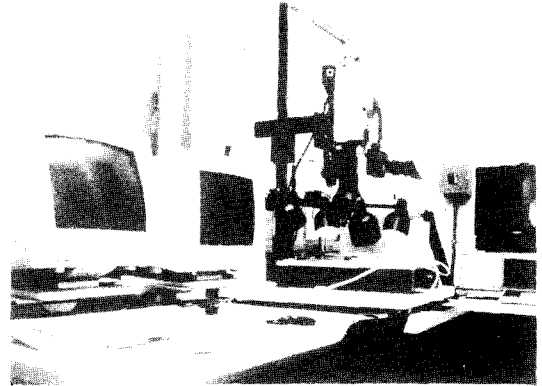


Fig 2. Computer image analysis system(VIDAS)

III. 연구결과

전산화 단층 촬영장치(SOMATOM HiQ, SOMARIS 3-D)와 컴퓨터영상분석장치를 이용하여 건조 두개골의 3차원 재구성상을 얻어 이 두가지 영상을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 정면상

전산화단층촬영장치에서 얻은 상에서는 안와 상벽과 누골 및 관골의 전방부위가 잘 나타나지 않으며 가장자리가 매끄럽지는 않지만 치아는 비교적 잘 나타나 있다. 컴퓨터영상분석장치를 이용한 사진상에서는 안와상벽과 누골 및 전두골의 전두동 부위가 나타나지 않고 치아구조 또한 불분명하다. 해상력과 대조도는 3차원전산화단층사진상이 비교적 우수하다(Fig. 3. 참고).

2. 측면상

3차원전산화단층사진상은 측두골의 인부와 유두돌기, 비골 및 하악과두부위에서 해상력이 급격히 감소되며 컴퓨터영상분석장치에서 얻은 상에서는 측두골의 인부가 나타나지 않지만 하악과두및 비골 등은 잘 관찰되어 보다 높은 해상력을 보인다(Fig. 4. 참고).

3. 측후면상

3차원전산화단층사진상에서는 후두골 부위에서 각 단층상의 가장자리가 계단상으로 나타나고 상악골의 후방구조의 해상력은 급격히 감소된다. 컴퓨터영상분석장치에서 얻은 상에서는 상악의 후방구조, 익상판, 구개 및 두개저 부위 등이 비교적 잘 나타나 있다. 해상력은 보다 높게 나타난다(Fig. 5. 참고).

4. 하악 과두 부위까지 3차원 재구성한 상

3차원전산화단층사진상에서는 과두의 상의 변연부위가 거칠게 표현되었으며 관절와와의 관계에 대한 정보를 얻을 수 없다. 컴퓨터영상분석장치에서 얻은 상에서는 양측과두 부위가 잘 나타나 있으나 관절와와의 공간적 정보는 얻을 수 없다. 전방으로 익상판과 부분적으로 두개저상이 관찰된다(Fig. 6. 참고).

5. 안면골을 관상면분할(coronal section)하여 재구성한 상

3차원전산화단층사진상에서는 치밀골의 형태가 잘 나타나 있으나 컴퓨터영상분석장치에서 얻은 상에서는 모두 심하게 해상력이 감소되어 구조의 변연만 인지할 수 있다(Fig. 7. 참고).

6. 안면골을 시상면분할(sagittal section)하여 재구성한 상

3차원전산화단층사진상에서는 급격한 해상력 감소를 보인다. 전치부 치조골의 단면상이 잘 나타나 있다(Fig. 8. 참고).

7. 상하악만 재구성한 상

3차원전산화단층촬영상에서는 상하악만을 재구성할 수 없었다. 컴퓨터영상분석 장치에서 얻은 상에서는 대조도는 감소되나 비교적 전반적인 구조를 관찰할 수 있다(Fig. 9. 참고).

3차원전산화단층촬영장치와 컴퓨터영상분석 장치를 이용한 3차원 재구성상은 변연이 거칠게 나타나고 상대적으로 얇은 두께를 갖는 골구조들이 나타나지 않았으며 원근감을 흑화도 차이로 표현하기 때문에 상대적으로 깊이 위치한 구조의 해상력이 감소되었다. 또한 부분적으로 3차원재구성을 시도할 때 실제시간이 많이 소요되었다. 그러나 3차원 재구성을 이용하여 원하는 부위를 변화시키면서 재구성할 때에는 보다 신속한 결과를 얻을 수 있었다.

IV. 총괄 및 고안

의료 영상에 진보된 컴퓨터그래픽스 기술이 적용됨으로써 상의 3차원재구성이 가능하게 되었으며 동시에 상의 표현(display)을 다양하게 할 수 있게 되었다⁹⁾.

1986년 Gray¹⁾는 해부학적 구조를 컴퓨터를 이용하여 3차원적으로 표현하게 되면 많은 가치를 나타내게 되지만 현재 방사선 사진상에서는 연조직과 경조직의 경계가 분명하게 결정되기 어렵고 또한 이들 구조를 투사법으로 표현하여야 하기때문에 이를 운용할 수 있는 소프트웨어와 표현기술에 제한을 받게된다고 하였다.

3차원전산화 단층촬영장치내에서 이루어지는 3차원상의 재구성은 첫째, 얻어진 단층 촬영 정보에 일정한 부피를 포함시키는 과정이며, 둘째 상을 형성하고자 하는 부위의 영상정보를 영상분할(segmentation) 시키는 과정이다. 셋째,

구성되는 조직의 표면에 입체감을 부여하고 마지막으로 구성된 조직의 표면에 명암을 부여하게 된다. 이러한 명암은 관찰자의 위치에 따라 다르게 나타난다³⁾.

컴퓨터영상분석장치에서 이루어지는 3차원 재구성의 과정은 먼저 CCD(charge couple device) 카메라를 통하여 단층영상을 입력한다. 카메라에 들어온 영상을 아날로그-디지털변화(analog-digital^k transformation)시키는 과정이다. 본 연구에서는 영상잡기보드(frame grabber board)를 이용하였다. 위의 두 과정중 입력된 전산화 단층사진상에서 원하는 부위의 흑화도 수준의 차이와 카메라의 해상력의 제한으로 본래의 영상자료가 손실되게 된다. 계수화된 영상을 흑과 백의 영상으로 바꾸어 주는 단계를 영상분할(segmentation)이라고 한다. 또한 순차적으로 입력된 정보를 추적(tracing)하여 각 화소에 일정한 폭을 부여한다. 이 과정에서 각 단층상에 입체감과 표면에 색상을 부여함으로써 완전한 3차원 영상을 만들어낸다.

3차원 재구성 과정에서 3차원전산화단층촬영 장치를 이용하는 경우에는 역치(threshold)로 인하여 가성공(pseudoforamina) 현상이 일어나 이 부위의 영상을 잃게된다. 이러한 현상은 화소의 크기보다 조직의 크기가 작아 화소에 일정 부피를 부여할 수 없기 때문이며 이를 개선하기 위해서는 역치를 낮추어야 한다. 또한 컴퓨터 영상분석장치를 이용하는 경우에는 카메라의 CCD소자수의 제한을 받게되며 이 소자의 수가 화소를 결정하게된다. 이 개개의 화소는 영상을 구성하게 되므로 단위면적당 소자수가 많을수록 해상력이 높아진다^{22,23)}. 또한 각 단층상내에 다각형(polygon)이 과다하게 존재하게 되면 컴퓨터가 처리할 수 없으므로 이 영상내의 다각형을 감소시키기 위해 가장자리(edge)를 매끄럽게(smoothing)하는 과정 또는 보간법(interpolation)을 시행할 수 있는 소프트웨어가 필요하게되며 이로써 상은 어느정도 변형된다. Verdonchot등(1990)²⁴⁾은 이 과정에서 1%정도의 상의 왜곡이 생긴다고 하였다. 이러한 상의 왜곡을 없애기 위해서는 컴퓨터 자체내의 기억장치 증가와 중앙처리장치의 개선이 필요하다²⁵⁾.

본 연구에서 나타난 가장자리의 계단상은 전산화단층장치를 이용한 경우에는 각 단층의 영상을 기억장치에 기억시키는 과정과 이를 다시 재생시키는 과정에서 영상 자료중 일부가 소실되었다. 또한 컴퓨터영상분석장치를 이용한 경우에 나타난 가장자리의 계단상은 서로의 단층상이 3차원으로 되면서 서로 연관성이 없이 단지 쌓여지는 상태이기 때문이다. 이런 가장자리는 보간법(interpolation)에 의해 매끄럽게 될 수 있으나 사용된 컴퓨터 내에서는 시행할 수 없었다.

본 연구에서는 임의로 설정한 기준에 의해 각 영상을 입력하였다. 그러므로 각 화소내에는 동일한 기준이 존재하고 인접한 단층상의 화소와는 서로 일정한 폭을 부여하여(2mm 두께)상을 3차원상으로 재현하였다. 이러한 방법은 임의의 기준이 서로 달라지면 3차원 상의 심한 왜곡이 생기게 된다. 김과 유¹⁹⁾는 임의의 기준점을 설정하여 상을 점과 선으로 구성된 8진소(octree)를 형성하여 나타내었다. 이 기준이 틀어지게 되면 입력된 영상을 화면이동(scroll)하여 수정이 가능하다. 또한 각 화소에 대해서 기억용량을 차지하게 되므로 전체적으로 많은 양의 기억장치가 요구되었다. 그러나 구성된 3차원상은 단정한 화면에 나타난 화소만큼의 기억용량을 요구하게 된다. CAD(computer aided design) 프로그램을 이용하여 3차원상을 표현하는 때에는 보이지 않는 부위 또한 기억장치를 차지하게 된다^{26, 28)}. Chen(1977)²⁹⁾, Jain(1981)³⁰⁾, Natravali와 Limb(1980)³¹⁾ 등은 이러한 의료 영상데이터의 저장시 영상의 인접화소간에 존재하는 중복성을 제거함으로써 상대적으로 효율증가와 데이터 저장량 감소를 얻을 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 3차원전산화단층촬영장치와 컴퓨터영상분석장치를 이용한 3차원 재구성 상에서 모두 안와상벽과 누골, 측두골의 인부에서 가성공이 형성되었다. 이는 3차원전산화단층촬영장치의 경우에는 보관된 자료를 재생시키는 과정에서 자료의 손실이 나타나고 이 부위의 전산화단층치(Hu)가 역시 이하이기 때문이다. 이 문제점을 개선하기 위해서는 전산화단층치와 그의 폭을 선택적으로 결정하여야 한다. 또한

컴퓨터영상분석장치를 이용하는 경우에는 각 단층내에 존재하는 다각형(polygon)을 제거하는 과정에서 영상자료가 소실되었다.

또한 3차원상을 재구성하는데 소요되는 실제 시간은 3차원전산화 단층촬영장치를 이용하는 경우가 컴퓨터영상분석장치를 이용하는 경우보다 더 소요 되었으며 상의 변화를 행하는 경우에는 컴퓨터영상분석장치에서 더 많은 변화를 시행할 수 있었다.

해상력은 3차원전산화단층사진이 보다 좋았다. 컴퓨터영상분석장치로 3차원 재구성하는 과정에서는 본래의 영상자료가 3차원전산화단층촬영장치에서보다 더 많이 소실되었다. 이를 개선 하기 위해서는 컴퓨터영상분석장치의 기억장치와 중앙연산장치의 개선이 절대적으로 요구되며 3차원전산화단층촬영장치의 경우에는 영상정보의 저장방식의 개선이 요구된다. 또한 재구성을 원하는 해부학적 구조의 단면을 결정하는 것도 해상력에 많은 영향을 미칠 수 있다. 측두하악관절의 3차원 재구성을 시행하는 경우에는 과두부위를 측방향절단이 아닌 시상방향절단이나 관상절단방법을 이용하면 보다 좋은 상을 얻을 수 있다고 사료된다.

본 연구에서는 전산화 단층촬영장치에 내장된 3차원 재구성 프로그램과 컴퓨터영상분석장치로 두개골내에서 과두의 위치, 구개와 부비동의 공간적 관계 등이 잘 나타나 있으며 컴퓨터에 의해 임의로 잘라낸 부위의 단면상 및 이의 공간적 구조도 비교적 잘 관찰되었다.

이러한 방법은 악안면 기형 및 병변의 공간적관계를 명확히 제공할 수 있어 악안면 성형 재건 수술 및 종양의 방사선 치료시 정확한 위치의 설정에 도움을 줄 수 있으며, 공간적 인식을 하기 어려운 모든 구조를 관찰하는 데 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 악안면부위의 기형 및 병변의 공간적 위치관계를 보다 명확히 평가하고자 건조두개골의 전산화단층사진을 컴퓨터영상분석장치와 전산화단층촬영장치에 내장된 3차원 재구성프

로그래를 이용하여 3차원 재구성상을 얻고 이를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3차원전산화단층사진상의 해상력과 대조도가 보다 더 우수하였다.

2. 3차원전산화단층사진상과 컴퓨터영상분석 사진상에서 모두 구조의 변연들이 잘 나타나 있었으나 안와상벽, 누골, 측두골의 인부는 잘 관찰되지 않았다.

3. 3차원전산화단층촬영장치는 영상자료를 보관하였다가 재생시키는 과정에서 영상자료의 손실을 보였다.

4. 컴퓨터영상분석장치는 적은 시간으로 3차원 재구성을 할 수 있었으나 자료의 입력과 3차원 재구성시 하드웨어에 제한을 받았다.

5. 3차원재구성상을 이용함으로써 구조의 변화없이 원하는 부위와 주위 구조와의 공간적 위치관계를 잘 관찰할 수 있었다.

참고문헌

1. Wind, G., Dvorak, V. K. and Dvork, J. A. : Computer Graphic Modeling in Surgery, Orthopedic Clinics of North America 17(4) : 657~668, 1986.
2. Delp, S. L., Loan, J. P., Hoy, M. G., Zajac, F. E., Topp, E. L. and Rosen, J. M. : An Interactive Graphics-Based Model of the Lower Extremity to Study Orthopaedic Surgical Procedures, IEEE Transactions of Biomedical Engineering 37 : 757~767, 1990.
3. 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.
4. Marsh, J. L. and Vannier, M. W. : The "Third" Dimension in Craniofacial Surgery, Plast. Reconstr. Surg. 759~767, 1983.
5. Vannier, M. W., Marsh, J. L. and Warren, J. O. : Three-Dimensional CT Reconstruction Images for Craniofacial Surgical Planning and Evaluation, Radiology 150 : 179~184, 1984.
6. Hemmy, D. C., David, D. J. and Herman, G. T. : Three-Dimensional Reconstruction of Craniofa-

- cial Deformity Using Computed Tomography, Neurosurgery 13 : 534~541, 1983.
7. Hemmy, D. C. and Tessier, P. L. : CT of Dry Skulls with Craniofacial Deformities : Accuracy of Three-Dimensional Reconstruction, Radiology 157 : 113~116, 1985.
8. Conroy, G. C. and Vannier, M. W. : Noninvasive Three-Dimensional Computer Imaging of Matrix-Filled Fossil Skulls by High-Resolution Computed Tomography, Science 226 : 456~458, 1984.
9. Fishman, E. K., Drebin, R. A., Hruban, R. H., Ney, D. R. and Magid, D. : Three-Dimensional Reconstruction of the Human Body, Am. J. Radiol 150 : 1419~1420, 1988.
10. Gonzalez, E. R. : Computer guides facial reconstruction, J. A. M. A.18(4) : 1409~1418, 1983.
11. Cutting, C., Bookstein, F. L., Grayson, B., Fellingham, L. and McCarthy, J. G. : Three-Dimensional Computer-Assisted Design of Craniofacial Surgical Procedures : Optimization and Interaction with Cephalometric and CT-Based Models, Plast. Reconstr. Surg. 77(6) : 877~885, 1986.
12. Matteson, S. R., Bechtold, W., Phillips, C. and Staab, E. V. : A Method for Three-Dimensional Image Reformation for Quantitative Cephalometric Analysis, J. Oral Maxillofac. Surg. 47 : 1053~1061, 1989.
13. McCance, A. M., Moss, J. P., Wright, W. R., Linney, A. D. and James, D. R. : A three-dimensional soft tissue analysis of 16 skeletal class III patients following bimaxillary surgery, Br J. Oral Maxillofac. Surg. 30 : 221~232, 1992.
14. McCance, A. M., Moss, J. P., Fright, W. R., James, D. R. and Linney, A. D. : A three dimensional analysis of soft and hard tissue changes following bimaxillary orthognathic surgery in skeletal III patients, Br J. Oral Maxillofac. Surg. 30 : 305~312, 1992.
15. Takahashi, H., Sando, I. and Takagi, A. : Computer-Aided Three-Dimensional Reconstruction and Measurement of the Round Window Niche, Laryngoscope 99 : 505~509, 1989.

16. Roberts, D., Pettigrew, J., Udupa, J. and Bethesda, C. R. : Three-Dimensional Imaging and Display of the Temporomandibular Joint, *Oral Surg.* 58 : 461~474, 1984.
17. Kursunoglu, S., Kaplan, P., Resnick, D. and Sartoris, D. J. : Three-Dimensional Computed Tomographic Analysis of the Normal Temporomandibular Joint, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 44 : 257~259, 1986.
18. Moaddab, M. B., Dumas, A. L., Chavoor, A. G., Neff, P. A. and Homayoun, N. : Temporomandibular joint : Computed tomographic three-dimensional reconstruction, *Am. J. Orthod.* 88 : 342~352, 1985.
19. Kim, S. H., Chung, S. S., Yoo, S. K. and Kim, W. K. : 3-Dimensional Computer Simulation of Stereotactic Surgery. *Stereotactic and functional neurosurgery* 1990.
20. 김태욱 : 화상분석장치의 구성과 사용의 예, *카톨릭대학교 의과대학 중앙실험실회보* 5 : 52~59, 1992.
21. Livingston, R. B. and Wilson, K. R. : The human brain. *Wexler Films Copyright 1976, regents of the university of California, San diego, California.*
22. Daniel and Grotta, G. : *Digital Photography, Popular Science, Sep.* 120 : 62~94, 1992.
23. 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.
24. Verdonshot, E. H., Sanders, A. J. and Plasschaert, A. J. : A Computer-Aided Image Analysis System for Area Measurement of Tooth Root Surfaces, *J. Periodontol.* 61 : 275~280, 1990.
25. Crecine, J. P. : The Next Generation of Personal Computers, *Science* 28 : 935~943, 1986.
26. Bhatia, S. N. and Sowray, J. H. : A Computer-Aided Design for Orthognathic Surgery, *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 22 : 237~253, 1984.
27. West, M. J. and Skytte, J. : Anatomical Modeling with Computer-Aided Design, *Computers and Biomedical Research* 19 : 535~542, 1986.
28. 서재철 : 캐드의 도입 및 시작, *PC 월드* 4 : 116~121, 1992.
29. Chen, W. H., Smith, C. H. and Fralick, S. C. : A fast computational algorithm for the discrete cosine transform, *IEEE Trans. Comm. COM-25(9)* : 1004~1009, 1977.
30. Jain, A. K. : Image data compression : A review, *Proc. IEEE.* 69 : 349~389, 1981.
31. Netravali, A. N. and Limb, J. O. : Picture coding : A Review, *Proc. IEEE* 68 : 366~406, 1980.

— ABSTRACT —

COMPARATIVE STUDY OF THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTIVE IMAGES OF FACIAL BONE USING COMPUTED TOMOGRAPHY

Nam-Kyu Song, Kwang-Joon Koh

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chonbuk National University.

The purpose of this study was to evaluate the spatial relationship of facial bone more accurately.

For this study, the three-dimensional images of dry skull were reconstructed using computer image analysis system and three-dimensional reconstructive program involved CT.

The obtained results were as follows :

1. Three-dimensional reconstructive CT results in images that have better resolution and more contrast.
2. It showed good marginal images of anatomical structure on both three-dimensional CT and computer image analysis system, but the roof of orbit, the lacrimal bone and the squamous portion of temporal bone were hardly detectable.
3. The partial loss of image data were observed during the regeneration of saved image data on three-dimensional CT.
4. It saved the more time for reconstruction of three-dimensional images using computer image analysis system. But, the capacity of hardware was limited for inputting of image data and three-dimensional reconstructive process.
5. We could observe the spatial relationship between the region of interest and the surrounding structures by three-dimensional reconstructive images without invasive method.

논문 사진부도 ①

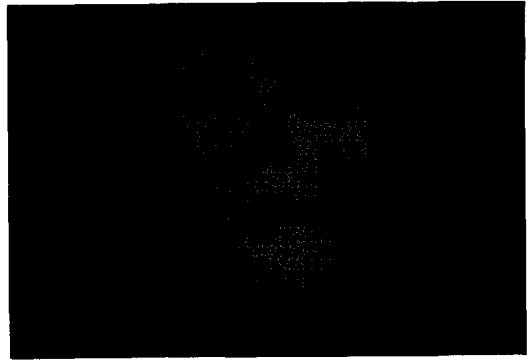
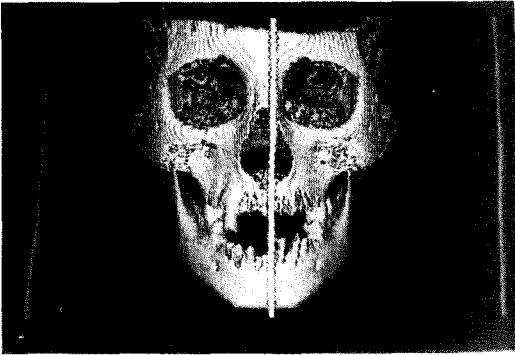


Fig 3. Frontal aspect : C. T.(Lt.) and Computer image analysis system(Rt.)



Fig 4. Lateral aspect : C. T.(Lt.) and Computer image analysis system(Rt.)

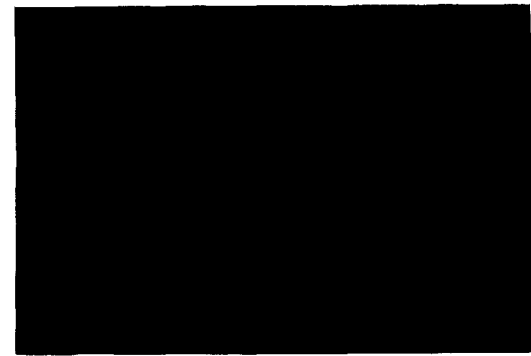
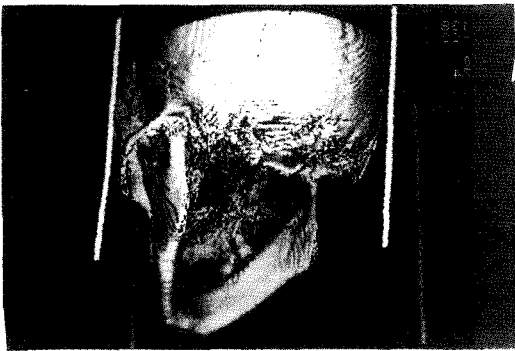


Fig 5. Posterior aspect : C. T.(Lt.) and Computer image analysis system(Rt.)

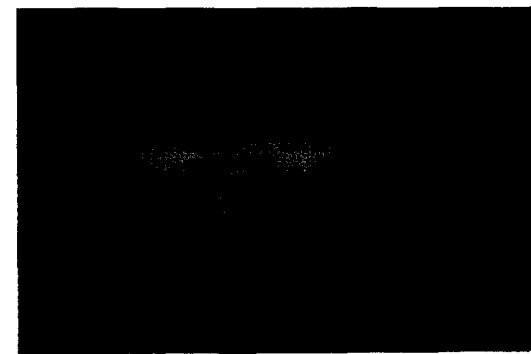


Fig 6. Three-dimensional reconstructive image from mentum to condylar head : C. T.(Lt.) and Computer image analysis system(Rt.)

논문 사진부도 ②

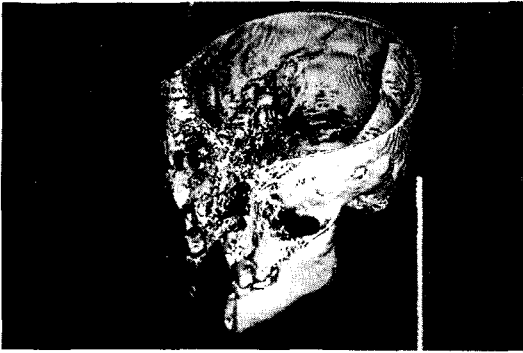


Fig 7. Coronal section : C. T.(Lt) and Computer image analysis system(Rt)

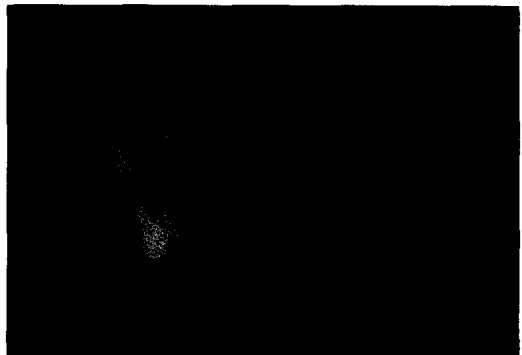
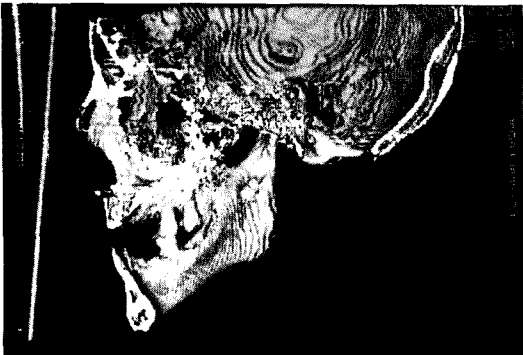


Fig 8. Sagittal section : C. T.(Lt) and Computer image analysis system(Rt)



Fig 9. Three-dimensional reconstructive image of maxilla and mandible using Computer image analysis system