

측두골 전산화단층촬영의 3차원 재구성의 의의

부산대학교 의과대학 이비인후과학교실
서정출·고의경·전경명·김재혁·이동건

= Abstract =

The Significance of Three-dimensional CT Reconstruction of the Temporal Bone : Normal and Pathologic Temporal Bones

Jung-Chul Suh, M.D., Eui-Kyung Goh, M.D., Kyong-Myong Chon, M.D.,
Jae-Hyuck Kim, M.D., Tong-Geun Lee, M.D.

Department of Otolaryngology, College of Medicine, Pusan National University

The computed tomography has been a important role in the diagnosis and treatment of temporal bone pathology. Recent technological advances in the clinical application of computed tomography have made three-dimensional reconstruction from consecutive axial tomography possible. Three-dimensional imaging is becoming a valuable tool for both diagnostic and therapeutic display of digital information.

This new method improves the assessment and therapy of patients undergoing surgical procedures for disease involving temporal bone. Three-dimensional computed tomography(3-D CT) was performed on one normal and four pathologic temporal bones. Four examples are demonstrated here and we concluded that this new method improves the display of the location and state of pathology and affords accurate therapeutic and surgical planning.

KEY WORDS : Temporal bone · Three-dimensional CT reconstruction.

서 론

측두골 병변의 진단과 치료에 전산화단층촬영은 중요한 검사 방법으로 알려져 있다. 그러나 전산화단층촬영상을 판독함에 있어 방사선과 의사 및 비전문가들은 해부학적 구조를 이해하기 위해 머리속에 단층촬영상을 순서에 따라 다시 삼차원 영상으로 재구성해야 한다. 이러한 삼차원 영상 구성(mental processing)은 뇌 단층촬영에서는 비교적 간단하지만 측

두골과 같이 복잡한 구조를 가진 부위에서는 상당히 어렵다.

컴퓨터 기술의 급속한 발달로 이러한 이차원적인(2-dimensional, 2-D) 단층상을 삼차원적인(3-dimensional image, 3-D) 영상으로의 재구성이 가능하게 되었고, 신체의 복잡한 해부학적 구조에 이를 적용하여 좋은 성과를 보이고 있다. 3-D 재구성은 전산화단층촬영 뿐만 아니라 자기공명영상(Magnetic resonance imaging, MRI)에서 얻은 영상으로도 가능하고

이러한 3-D는 2-D 영상보다 더욱 정확한 진단과 적절한 치료방침의 설정에 기여하고 있다.^{7,19)}

현재까지 쓰이는 표현방법으로는 threshold-based(surface-based, binary) imaging 기법과 percentage(semi-transparent, volume-based) imaging 기법이 있다⁷⁾. 전자는 각 조직의 신호강도의 차이를 이용하여 주로 골격이나 피부의 표면영상을 표현하게 된다⁷⁾.

이에 저자들은 측두골 전산화단층촬영에서 3차원 재구성 영상의 임상적 가능성 및 이의 응용을 모색하고자, 1례의 정상측두골과 4례의 병변측두골의 2-D 전산화단층상과 3차원 재구성 영상을 비교하여 관찰하였다.

대상 및 방법

전산화 단층촬영기(Somatom Plus-S, Siemens medical systems, Iselin, NJ)를 이용하여 측두골의 추체부(petrous part of temporal bone)에서 유양돌기 침단까지 1mm 두께의 연속절편을 얻었다. 이때 관찰영역의 폭(field of view)은 5cm 이내로 하였다. 이렇게 얻은 횡단면상(transaxial images)을 모니터를 통하여 확인한 후 Somatom Plus-S 자체의 "Somaris" 프로그램을 이용하여 surface-rendering 방식의 3차원 재구성을 하였으며, 측두골을 관찰하기 위하여 역가범위(threshold range)는 CT number 350-550으로 정하였다. 정확한 해부학적 구조를 관찰하기 위해 재구성영역(area of reconstruction)은 가능하면 작게 하고, 회전(rotation), 절단(cut) 및 광원기법(light source)을 사용해 입체감을 최대한으로 표현하도록 하였다. 저자들이 사용한 기종에서(Somatom Plus-S, Siemens medical systems, Iselin, NJ) 연속적인 3-D CT 영상을 재구성하는 데는 5분 정도 걸리며, 추가적으로 절단 및 회전에 소요되는 시간이 부위에 따라 다양하게 요구된다.

저자들은 1명의 정상인 및 3명의 환자에서 CT를 이용한 3-D 영상을 얻었으며, 아울러 2-

D CT와 함께 술전 계획을 위한 자료로서 서로 비교 관찰하였다.

증 례

증례 1.

49세 여자 환자로 5일전에 발생한 우측 돌발성 난청으로 1994년 3월 25일 본원 이비인후과 내원하여 입원하였다. 순음정밀청력 검사상 우측이는 고도 난청(감각 신경성 난청) 소견을 보였고, prednisolone, 성상 신경절 차단, carbogen 치료, low-molecular dextran(Rheomacrodex[®]) 정맥 주사, 진정제로 치료하여 입원 13일째 청력이 정상으로 판정되어 입원 15일째 퇴원하였다.

그림 1의 A, B, C, D는 2-D CT 소견으로서, A, B는 횡단면 소견으로 ice-cream cone 모양을 보이는 추골·침골관절이 중이강내에서 관찰되며 유양동내에 연부조직음영등의 이상 소견 없이 함기화가 잘 되어 있다. 내이도 및 좌우 전정기관의 정상 소견이 관찰된다. C, D는 관상면 소견으로서 잘 보존된 고실개 tegmen tympani)가 관찰되며 다른 이상 소견은 관찰되지 않는다.

그림 1의 E, F, G, H는 3-D CT 소견으로서, E, F는 top view로서 추체부(petrous bone)의 전반적인 모양을 관찰할 수 있고, 내이도, 좌우전정관, 중이강 및 중이강내의 이소골의 정상적인 소견이 입체적으로 잘 관찰된다. G, H는 관심영역(region of interest)을 줄여서 확대한 영상으로, G는 top view를 약간 회전시킨 그림으로, 특히 추골·침골관절이 더욱 잘 관찰된다. H는 bottom view를 약간 회전시킨 그림으로, 추골, 침골과 그 관절 및 횡단면상에서 관찰하기 어려운 등골이 관찰되며, 침골·등골관절이 잘 관찰된다.

증례 2.

13세 남자 환자로 1년전부터 발생한 간헐적인 두통과 우측 청력장애를 주소로 내원하였다. 내원 5개월전에는 하악골 골수염으로 수술을 시행하였다. 이학적 검사상 양측 고막은 정

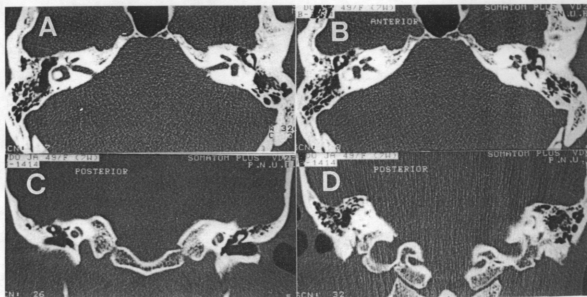


Fig. 1. A, B, C, D : Normal findings of 2-D temporal bone CT.
 A, B(axial view). Normal ossicles, its joint and pneumatization are seen.
 C, D(coronal view). Normal ossicles, tympanic cavity and tegmen tympani are seen.

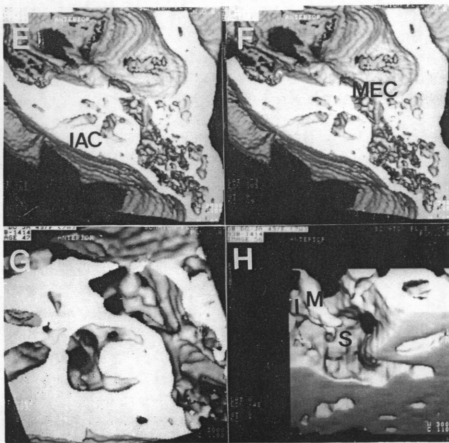


Fig. 1. E, F, G, H : Normal findings of 3-D temporal bone CT[E, F, G(top view), H(bottom view)]. Internal auditory canal(IAC), middle ear cavity(MEC), malleus(M), incus(I), and stapes(S) are seen.

상 소견이었으며, 좌측 외이도는 좁아져 있었다. 순음정밀청력 검사 소견은 우측은 전농이며, 좌측은 정상 청력 범위였다. 후이개절개를 가하여 유양동 피질을 노출시켜, 심한 골파괴가 외이도 주위로 존재함을 확인하였고, 고막은 정상 소견을 보였으나 중이의 연부조직으로 인하여 외측으로 팽윤되어 있었다. 중이의 육아조직을 제거하고, 외이도 후벽의 파괴를 관찰할 수 있었고, 유양동의 후상벽의 파괴에 의해 경막이 하방으로 전이(sagging-down)되어 있었다. 외측 반구관의 골벽이 파괴되어 있었고, sinus plate의 하부에 작은 골결손을 보였다. 이소골은 추골, 침골은 관찰되었지만, 등골은 관찰되지 않았다. 조직 검사상 측두골의 조직구증(histiocytosis X)으로 확진되었다.

그림 2의 A, B는 횡단면 2-D CT 소견으로, 유양동의 파괴와 유양동내 연부조직음영이 관찰되고, 그 연부조직이 유양동의 외측벽 및 내이도까지 침범되어 있는 소견이 관찰된다. 그러나 이소골은 비교적 잘 보존되어 있다. C, D는 관상면 2-D CT 소견으로서 고실개와 sinus plate의 파괴가 관찰된다.

그림 2의 E, F, G, H는 3-D CT 소견으로, E는 top view이며 파괴된 고실개의 정도 및 범위가 입체적으로 잘 관찰되며, F는 posterior view로서 sinus plate의 파괴와 비정상적으로 확대된 내이도가 입체적으로 관찰되며, 역시 E와 같이 고실개의 파괴가 관찰된다. G, H는 관심영역을 줄여서 확대한 영상으로, G는 고실개의 파괴된 소견이 더욱 자세히 관찰되며, 내이도의 비정상적인 확대 및 내이도 상벽의 파괴도 관찰된다. H는 비교적 잘 보존되어 있는 추골과 침골이 관찰된다.

증례 3.

6세 남자 환자로 3년간 지속된 좌측 혈성 이루 및 이통을 주소로 내원하였고, 경도의 좌측 안면 신경 마비를 동반한 진주종성 중이염으로 진단하였다. 이학적 검사상 좌측 상고실 천공과 진주종이 관찰되며, 우측고막은 정상 소견이었다. 순음정밀청력 검사상 우측은 정상 청력 범위이며, 좌측은 경도의 혼합성 난청 소

견을 보였다. 유양동 피질을 제거하고, 유양동을 노출시킨 후, 진주종에 둘러 싸인 침골을 관찰하고, 진주종이 유양동 입구부(aditus ad antrum), 고실개, 안면신경와(facial recess)에도 관찰되었고, 이소골은 침골만 확인되었다. 조직 검사상 좌측 진주종성 중이염이었으며, 특별한 합병증 없이 16일째 퇴원하여 현재 경과 관찰 중이다.

그림 3의 A, B는 횡단면 2-D CT 소견으로, 중이강내 연부조직음영이 관찰되며, 이소골의 미란이 관찰된다. C, D는 관상면 2-D CT 소견으로, 상고실, 중고실을 채우는 연부조직음영과 이소골의 미란이 관찰된다.

그림 3의 E, F, G, H는 3-D CT 소견으로, E, F는 bottom view로서 정상보다 넓어진 중이강이 입체적으로 관찰되며, 미란에 의하여 작아진 이소골이 관찰된다. G, H는 top view로서 추골, 침골은 관찰되나 등골은 관찰되지 않는다. 그리고 H에서는 난원창(oval window) 및 정원창(round window)이 위공인공음영(pseudomembrana artifact)으로 관찰된다.

증례 4.

26세 남자 환자로 3년간 지속된 간헐적인 우측 이통이 있었으나 특별한 치료 없이 지내다가, 다시 우측 이통이 심해져 1993년 11월 10일 본원 이비인후과에 내원하였다. 국소소견상 우측 외이도가 좁아져 있었으나, 이루 및 청력 장애 등은 없었고, 측두골 CT scan상 우측 측두골 공간점유병소에 의한 유양동 골벽 파괴등의 소견을 보였다. 그외 신경자극 증상이나 의식 이상은 없었고, 순음정밀청력 검사상 양측은 정상 소견이었다. 후이개절개에 의한 수술 소견은 아주 얇은 벽으로 둘러 쌓이고, 흑갈색의 점액성 액체를 포함하고 있는 위낭종(pseudocyst)으로 측두골의 반(lateral half) 정도를 차지하고 있었다. 압박괴사에 의해 유양동의 측벽인 후이개부에 직경 3.5cm 정도의 골결손과 유양동 상벽인 tegmen mastoidium과 후벽에 걸쳐 3×6cm 정도의 골결손, 외이도의 후벽과 상벽에 걸친 골결손이 인지되었다. 유양동상벽의 파괴에 의해서 측두엽의 뇌막이

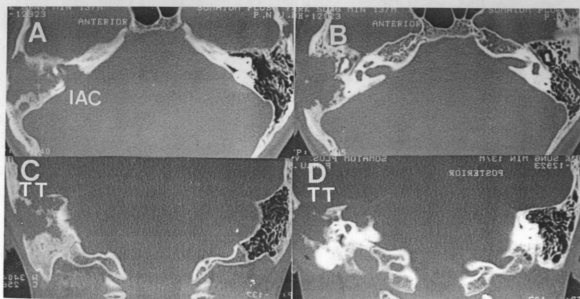


Fig. 2. A, B, C, D : 2-D temporal bone CT findings of histiocytosis X(A, B(axial view), C, D(coronal view)). Destruction of mastoid cavity and soft tissue density are seen. Soft tissue mass is extended posteriorly and sinus plate is destroyed by soft tissue mass and soft tissue mass is extended toward internal auditory canal. Destruction of ossicles is not seen.

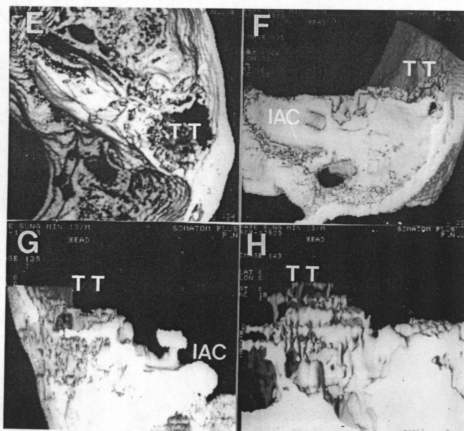


Fig. 2. E, F, G, H : 3-D temporal bone CT findings of histiocytosis X(top view). Destruction of internal auditory canal(IAC), tegmen tympani(TT), and posterolateral wall of mastoid cavity are observed. Malleus(M) and incus(I) are observed.

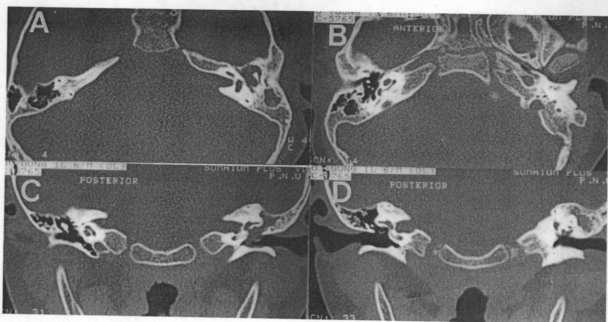


Fig. 3. A, B, C, D : 2-D temporal bone CT findings of cholesteatomatous otitis media(A, B (axial view), C, D(coronal view)). Soft tissue mass in the middle ear cavity is seen. Destruction of ossicles is not seen.

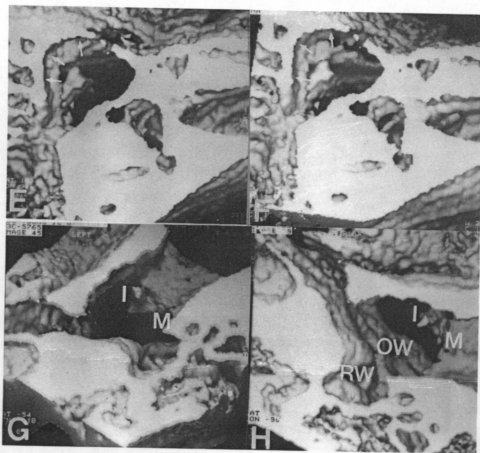


Fig. 3. E, F, G, H : 3-D temporal bone CT findings of cholesteatomatous otitis media[E, F (top view), G, H(bottom view)]. Malleus(M) and incus(I) are observed. Round(RW) and oval window(OW) are observed as pseudomembrana artifact.

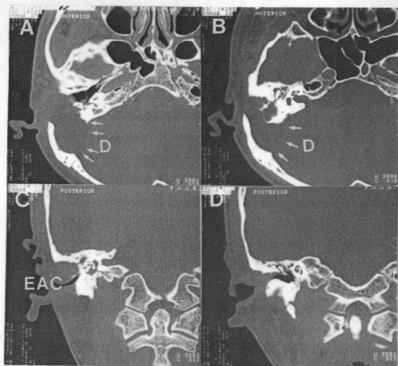


Fig. 4. A, B, C, D : 2-D temporal bone CT findings of mucin containing cyst[A, B(axial view), C, D(coronal view)]. Soft tissue mass in the middle ear cavity and mastoid cavity and defect(D) on sinus plate are seen. Fallopian canal is surrounded with soft tissue density. External auditory canal(EAC) is nearly obstructed due to swelling.

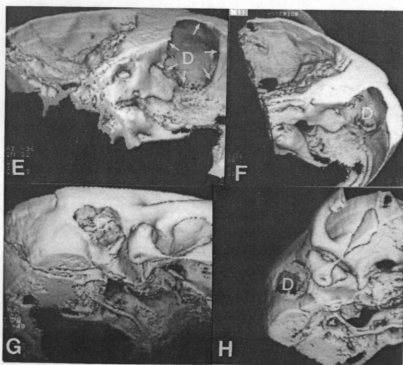


Fig. 4. E, F, G, H : 3-D temporal bone CT findings of mucin containing cyst[E, F(top view), G, H(bottom view)]. The bony defect(D) is well seen. The bony defect(D) of mastoid cortex was well seen posterosuperiorly to external auditory canal.

노출되어 있었고, 외이도의 상벽이 하방으로 전이되어 거의 폐쇄되어 있었다. 측두골과 유양동의 내측부(medial portion)에는 함기봉소가 남아 있었고, 유양동 입구부와 중이는 낭종의 연결이 없었다. 조직 검사상 점액낭종으로 나왔으며 특별한 합병증 없이 퇴원하여 경과 관찰 중이다.

그림 4의 A, B는 횡단면 2-D CT 소견으로, 우측 중이강 및 유양동내에는 연부 조직 음영이 관찰된다. C, D는 관상면 2-D CT 소견으로, 상고실, 중고실을 채우는 연부조직음영이 관찰되고, 안면신경관이 연부 조직에 의해 싸여 있다. 외이도의 종창으로 인하여 외이도가 거의 폐쇄되어 있다.

그림 4의 E, F, G, H는 3-D CT 소견으로, E, F는 top view로서 E에서는 sinus plate의 골결손이 입체적으로 잘 관찰되고, F는 약간 회전시킨 그림으로 sinus plate의 골결손이 입체적으로 관찰된다. G, H는 bottom view로서 외이도 후상방의 유양동 피질이 파괴된 소견이 입체적으로 잘 관찰된다.

고 찰

최근에 급속히 발전되고 있는 소프트웨어에 힘입어, 횡단전산화단층상을 재구성하여 입체전산화단층상(3-D CT)을 얻을 수 있게 되었다. 두경부와 같이 복잡한 해부학적 구조를 가지는 부위에서 부분적인 단면영상만으로 실제의 구조를 개념화(conceptualization)하기 어려울 때 3-D 영상은 많은 도움이 된다⁶⁾. Anderson 등⁴⁾은 여러 장의 전산화 단층촬영영상을 차례로 비추고 특수한 vibrating mirror로 관찰하는 방법을 이용하여 입체적인 영상을 얻으려 시도하였고, Artzy 등은 발달된 컴퓨터 graphic과 더욱 개발된 전산화 단층촬영기의 도움으로 3-D 재구성의 기초를 마련하였다⁵⁾. 3-D 영상의 질을 결정하는 가장 중요한 인자는 표현 기법인데, 저자들의 경우에서는 threshold-based imaging 기법을 사용하였으며, 입체감을 높이기 위하여 보조적인 여러 가지 기법을 같이

사용하였다. Marsh와 Vannier는 특별한 computer 장비가 필요치 않으면서 영상을 얻는 데 걸리는 시간을 최소화할 수 있는 program을 개발하였다^{10,11,15,16,17)}. 이들은 구조가 복잡하고 변형이 심할수록 그 영상효과가 뚜렷하다 하였는데, 증례 2와 증례 4에서 골결손의 범위와 정도가 입체적으로 잘 관찰되는 것으로 알 수 있다. 그리고 복잡한 구조를 3차원적 영상으로 직접 볼 수 있게 해 주어 경험이 적은 사람도 두안면부의 복잡한 구조를 쉽게 이해할 수 있게 하며, 또한 영상자체를 재구성함으로써 환자에게 방사선 조사량을 줄일 수 있는 장점도 있다.

3-D program은 체용적을 의미하는 CT의 횡단면을 이용하여 표면 영상을 만들기 되기에 때문에 적당한 조건의 2-D 영상을 얻어야 하는데, voxel(volume element) 사이의 간격을 줄이기 위해 비교적 얇은 절편이 되어야 한다. 두경부에서는 대개 2-3mm의 두께를 사용하며¹⁰⁾, 측두골에서는 본 증례에서와 같이 1mm의 두께가 적당하다. 측두골의 해부학적 구조를 보는데 있어 대개 연속해서 2cm 정도면 모두 볼 수 있는데, 이것은 CT 절편으로 20개 정도이며, 횡단면 영상에서 관심영역의 크기를 일치시키고, 가능하면 재구성공간을 정사각형으로 만들어야 3-D 영상을 가장 크게 할 수 있으며 여러 가지 기법을 활용할 수 있다.

삼차원 영상이 가지는 또 다른 기법으로는 회전인데, 모든 방향과 각도로의 회전이 가능하고 이러한 자유로운 이동은 측두골의 정확한 병변의 관찰을 가능하게 해 주었다. 본 증례에서도 회전 기법을 사용하여 입체감을 높여 더욱 정확하게 관찰할 수 있었다. 측두골의 단순 골절과 같은 비교적 간단한 병변에서는 2-D 전산화 단층 촬영에 비하여 3-D CT에서 많은 정보를 얻지 못하지만, 측두골의 복합적인 병변에서 그 효능이 현저한 것을 알 수 있었다. 특히 증례 2에서는 술전에 3-D CT 영상으로 정확하고, 많은 정보를 얻을 수 있었으며, 수술시와 비교해 거의 비슷한 소견을 관찰할 수 있었다.

최근 3-D 영상은 구조가 복잡하여 단순 X-선

촬영 및 전산화 단층 촬영만으로는 명확히 구조를 파악하기 힘든 다른 영역에도 많이 이용되고 있다. Robert 등¹⁰⁾은 측두 하악관절에서 이를 이용하여 병태 해부학적인 상태를 파악하기 위한 가장 좋은 비관절적 방법이라고 하였다. 또한 이 방법은 골격계뿐 아니라 연부조직의 상태를 파악하는 데도 이용되고 있으며, 특히 CT 영상대신 MRI(magnetic resonance imaging)를 사용하여 영상을 재구성함으로써 연부 조직의 형태, 특히 뇌조직에 대한 형태를 정확히 파악할 수 있게 되었다²⁾.

반면에, 입체전산화단층상에서는 인공음영(artifact)이 역가(threshold value)에 따라 나타나고, 역가가 높아짐에 따라 얇은 골조직은 위공인공음영으로 나타날 수 있다. 본 중례 3의 그림 3. H에 정원창 및 난원창이 위공인공음영으로 나타났다. 이는 판독시 유의해야 할 점으로 사료된다. 입체전산화단층상에서는 횡단전산화단층상에 비해 세부 구조를 보는 데는 해상력이 떨어지며, 주위 조직과 구분하여 연부 조직만을 입체적으로 재구성하기는 어렵다. 그리고 환자는 촬영 도중 움직이지 않아야 하는 이 단점도 있다²⁾.

2-D와 3-D는 상호보완적으로 이용할 때 더욱 큰 효과를 기대할 수 있고 이비인후과 영역에서는 측두골을 포함한 두안면부의 병변-악안면 외상, 신생물, 구개열등 선천성 기형, 경부질환, 감염¹²⁾, 중추신경계 병변^{8,10)}등에서도 이용될 수 있으며, 하악골의 재구성에도 이용될 수 있고¹²⁾, 실물 크기의 영상을 통해 필요시 정확한 크기의 인공 삽입물(prosthesis)을 만드는 데 이용할 수 있다¹⁰⁾.

아직 3-D 영상을 모든 측두골 병변에 적용하기에는 그 경비나 시간에 있어서 약간의 문제가 있으며, 다소 간단한 병변에는 가치가 다소 떨어진다는 단점이 있다. 그러나 고식적인 전산화단층촬영만으로 이해하기 힘든, 복잡한 병변에서의 삼차원적 영상을 얻음으로써 진단과 치료에 많은 도움이 될 수 있다고 생각된다.

저자들은 정상인 1명, 측두골 병변이 있는 환자 4명에서 3-D CT 영상을 사용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 3-D CT 영상은 복잡한 측두골 병변을 실제와 같은 3차원적 영상으로 나타내므로 삼차원 영상으로 재구성할(mental processing) 필요가 없으며, 경험이 적은 사람도 쉽게 이용하고, 판독할 수 있다.
- 2) 3-D CT 영상은 실제크기의 영상 측정능 가능하게 하며, 술전 계획 수립에 도움이 될 뿐 아니라, 수술 상태와 비교가 가능하다.
- 3) 3-D CT 영상은 시간과 비용면에서 다소의 단점이 있기는 하지만, 이비인후과 영역, 특히 측두골 질환의 정확한 진단과 치료 계획에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

References

- 1) 남상화·최민연·설창효 등 : 부비강, 비인두 및 후두표면의 CT를 이용한 3차원적 영상 : 정상 해부학. 대한방사선의학회지 29 : 366~372, 1993
- 2) 이철희·민양기·홍성화 등 : 악안면 외상 환자에서 시행한 3-dimensional computed tomography(CT)의 임상적 의의. 한이인지 33 : 777~781, 1990
- 3) Altman NR, Altman DH, Wolfe SA, et al : Three-dimensional CT reformation on children. AJR 146 : 1261~1272, 1986
- 4) Anderson RT, Baxter BS, Hitcher LE, et al : Three-dimension viewing system for tomographic scan interpretation. Radiol 145 : 525~532, 1982
- 5) Artzy E, Frieder G, Herman GT : The theory, design, implementation and evaluation of a three-dimensional surface detection algorithm. Comput Graph image Processing 15 : 1~24, 1981
- 6) Derbin RA, Carpenter L, Hanrahan P : Volume rendering. Computer graphics 22

결 론

- : 65~74, 1988
- 7) Fishman EK, Magid D, Ney DR, et al : Three-dimensional imaging. radiology 181 : 321~337, 1991
 - 8) Gholka A : Three-dimensional computed tomographic reformations of intracranial vascular lesions. The British J of Radiol 61 : 258~261, 1988
 - 9) Kolti PJ, Wood GW : Three dimensional CT reconstruction for the evaluation and surgical planning of facial fractures. Otolaryngol Head and Neck Surg, 95 : 10~15, 1986
 - 10) Marsh JL, Vanier MW : Surface imaging from computerized tomographic scans. Surgery 96 : 159~165, 1983
 - 11) Marsh JL, Vannier MW : The "third" dimension in craniofacial surgery. Plast & Reconst Surg 71 : 759~767, 1983
 - 12) Mattox DE, Johns ME, Holliday MJ, et al : 3-D CT for cranial facial and laryngeal surgery. Laryngoscope 98 : 1212~1219, 1988
 - 13) Schellhas KP : Three-dimensional computed tomography in maxillofacial surgical planning. Arch Otolaryngol Head and Neck Surg 114 : 438~442, 1988
 - 14) Suojanen JN, Nukkerji SK, Dupuy DE, et al : Spiral CT in evaluation of head and neck lesions : Work in progress. Radiology 183 : 281~283, 1992
 - 15) Totty WG, Vannier MW : Complex musculoskeletal anatomy : analysis using three dimensional surface reconstruction. Radiology 150 : 173~177, 1985
 - 16) Vannier MW, Gado MH, Marsh JL : Three-dimensional display of intracranial soft tissue structures AJNR 4 : 520~521, 1983
 - 17) Vannier MW, Marsh JL, Warren JO : Three-dimensional reconstruction images for craniofacial surgical planning and evaluation. Radiology 150 : 179~184, 1984