대한방사선의학회지 2000;43:669 - 673

뇌피질 질환의 3차원 표면연출영상[1]

곽 효 성·정 경 호·최 하 영[2]

목적: 뇌피질 질환을 가진 환자에서 3차원 표면연출영상(Three dimensional surface rendering image)에 의한 뇌 표면의 비정상적인 회(gyri)와 구(sulci)의 해부학적 위치와 형태를 파악하고자 하였다.

대상과 방법: 간질병소 절제수술에 의해 뇌피질에 이상소견을 보였던 13명을 대상으로 하였으며, 성별은 남자 9명과 여자 4명, 평균연령은 26.7 (8 - 56)세였다. 이들은 수술상의 육안적 소견, 병리학적 소견과 방사선학적 소견상 뇌피질 이형성증으로 진단된 환자 7명 그리고 비정상적인 위축된 회 및 구의 형태를 보였던 6명 이었다. 3차원 표면연출영상을 얻기 위해 MP - RAGE (magnetization prepared rapid gradient echo)로 관상면 영상을 얻었다. 촬영된 영상은 Silicon Graphic Workstation에서 ISG Allegro software를 이용하여 3차원 표면연출영상을 시행하였다. 이 영상에서 양측 뇌의 정상적인 회와 구의 해부학적 위치를 알아보았고, 각각의 환자에게서 비정상적인 회와 구의 형태를 관찰하였다.

결과: 모든 환자에서 3차원 표면연출영상을 얻을 수 있었으며, 정상적인 중요한 회와 구의 일반적인 형태를 파악할 수 있었고, 비정상적인 형태를 보이는 병변을 발견할 수 있었다. 병변의 위치는 전두엽 8예, 두정엽 3예, 그리고 실비안 열을 중심으로 병변이 나타난 2예가 있었다. 2차원 자기공명영상 소견에서 병변을 발견할 수 없었던 경우는 4예이었으며, 이들은 3 차원 표면연출영상에서 병변부위에 비정상적인 배열을 한 회와 구의 형태를 보였다. 2D 영상에서 이상소견을 보였던 9예에서는 팽창된 회 형태를 보이거나 위축된 회와 비정상적인 배열을 가진 회의 형태로 나타났다.

결론: 뇌피질 질환을 가진 환자에서 3차원 표면연출영상은 병변 부위의 비정상적인 회와 구의 형태를 파악하는데 유용한 것으로 생각된다.

고식적인 2차원 자기공명영상(conventional two - dimensional magnetic resonance imaging)은 뇌의 이상소견을 발견하는 데 효과적인 영상기법이다. 신경 이주 이상(neuronal migration disorder)이나 뇌피질의 회(gyri)나 구(sulci)의 형태학적 이상을 가진 환자는 대부분 간질이 발생하며 수술적 치료를 받는 경우가 많다. 뇌피질 질환은 뇌 중앙부(central area)를 포함한 전두엽과 두정엽에서 주로 발생하기 때문에, 이 부위의 간질병소 절제시에는 운동, 감각과 언어중추를 정확히 확인하여 보존해야 한다 (1 - 5). 최근 3차원 MRI에 의해 얻은 정보로 뇌 표면의 재구성 영상이 가능해졌으며 운동, 감각과 언어중추 영역과 병변과의 연관성을 수술 전에 확인할 수 있어 수술 전 치료계획에 큰 도움이 될 수 있다 (6 - 9). 이에 저자들은 수술에 의해 확진된 뇌피질 질환을 가진 환자에서 3차원 표면연출영상(three dimensional surface rendering imaging)을 시행하였고, 뇌표면의 회와 구의 해부학적인 위치를 파악하고, 비정상적인 회의 형태를 파악하여 3차원 표면연출영상의 수술 전 평가에 대한 유용성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법

난치성 간질로 간질병소 절제수술을 받았던 환자 중 수술상의 육안적 소견과 병리적 소견상 뇌피질의 이상소견을 보였던 13명을 대상으로 하였으며, 뇌피질 이형성증이 7명, 비정상적인 위축된 회의 형태가 6명이었으며 남자 9명과 여자 4명이었고, 평균연령은 26.7 (8 - 56)세이었다.

MR영상은 1.5T의 MRI기기(Vision, Siemens, Erlangen, Germany)로 시행하였으며, T1 - 강조영상과 T2 - 강조영상에서 시상면, 관상면, 횡단면으로 5 - 7 mm두께로 얻었고, 3차원 표면연출영상을 얻기 위해 MP - RAGE (magnetization

[1]전북대학교병원 진단방사선과
[2]전북대학교병원 신경외과
이 논문은 2000년 7월 7일 접수하여 2000년 9월 27일에 채택되었음.

prepared rapid gradient echo)기법을 이용하여 관상면 영상을 얻었다. MP-RAGE 영상의 parameter는 TE 4.0 msec, TR 9.7 msec, flip angle 12°, matrix 192×256, slice thickness 3 mm, field of view 173×256, voxel size 1.0×1.0 × 1.25 mm, 영상획득시간 3.4분이었다.

영상은 Silicon Graphic workstation에서 작동하는 ISG Allegro software (ISG Technologies Inc., Toronto, Canada)를 이용하여 3차원 표면연출영상을 시행하였다.

모든 환자에서 고식적인 MR 영상소견과 3차원 표면연출영상을 2명의 방사선과 의사와 수술을 시행한 1명의 신경외과 의사에 의해 양측 뇌의 정상적인 회와 구의 해부학적 위치를 알아보았고 각각의 환자에서 비정상적인 회와 구의 형태를 관찰하였다.

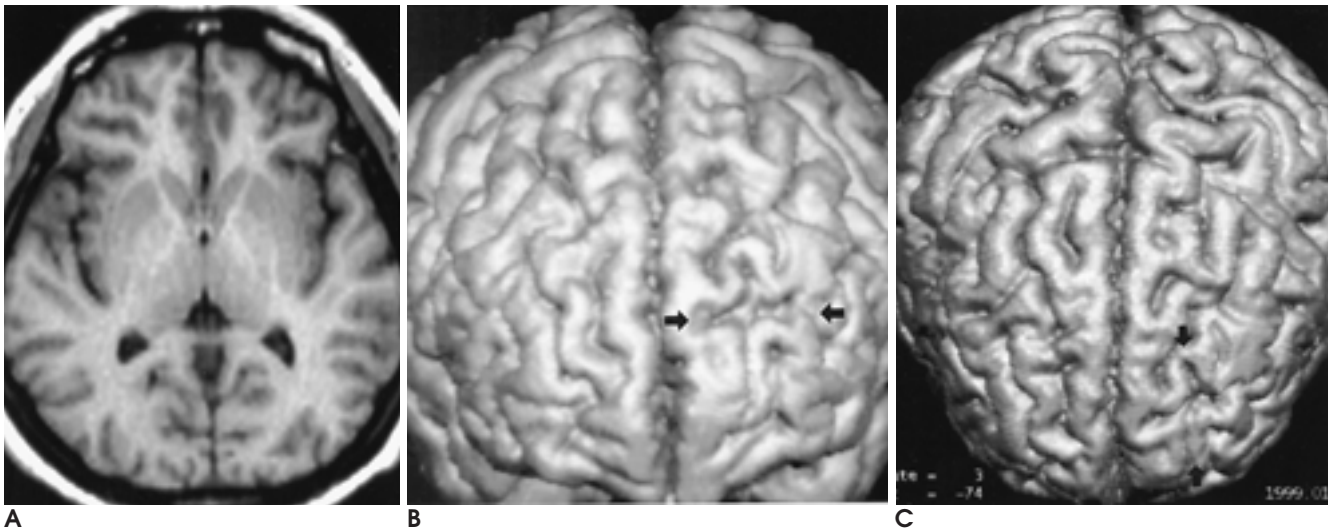
결 과

모든 환자의 2D MR영상 소견과 3 차원 표면연출영상의 소견은 Table 1과 같다. 3차원 표면연출영상의 영상획득시간은 약 2-3시간이 소요되었다. 3차원 표면연출영상에서는 실비안 열(Sylvian fissure)을 중심으로 하여 전두엽, 두정엽, 그리고 측두엽의 중요한 정상적인 회와 구의 형태를 파악할 수 있었다.

주된 병변의 위치는 전두엽이 8예, 두정엽 3예, 그리고 2예에서는 실비안 열을 중심으로 발견되었다. 2D MR 영상에서는 9예에서 이상소견을 발견할 수 있었으나 3차원 표면연출

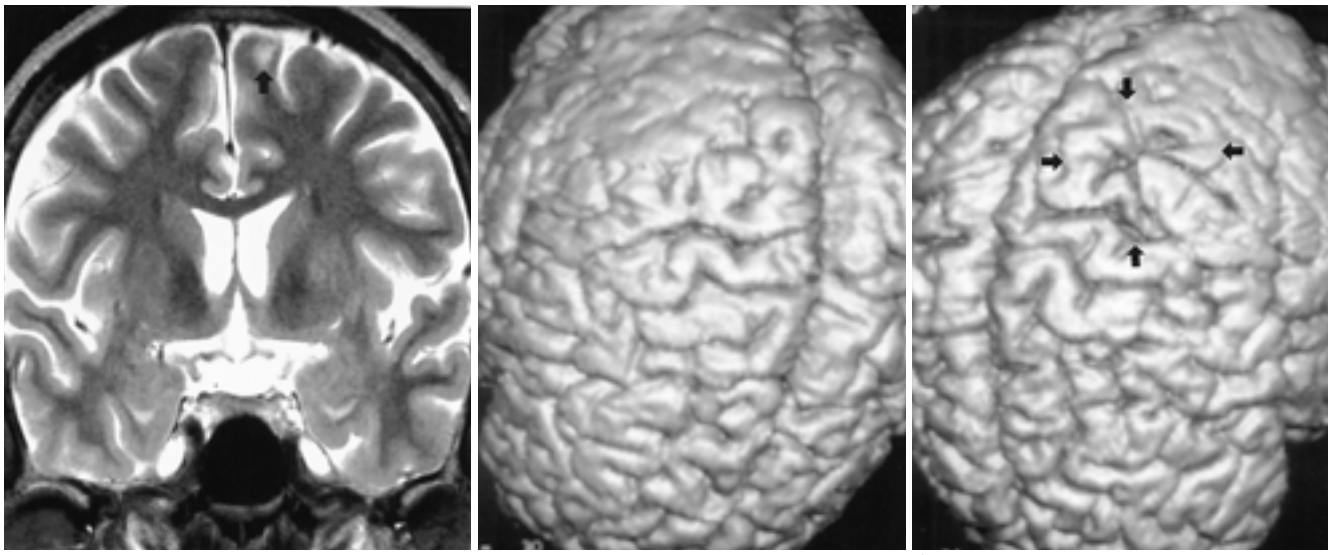
Table 1. The Results of 2D Conventional MRI and 3D Surface Rendering Images on 13 Patients

Patient No.	Age/Sex	Site of lesion	2D	3D
1	8/male	Rt, sylvian fissure	cortical dysplasia	enlarged gyrus
2	12/female	Lt, superior parietal lobe	cortical dysplasia	enlarged gyrus
3	19/male	Rt. superior frontal lobe	no lesion detection	nonparallel gyral and sulcal arrangement.
4	35/female	Lt. Superior frontal lobe	focal high signal intensity on T2WI	nonparallel gyral and sulcal arrangement.
5	35/male	Lt, middle, inferior frontal lobe	no lesion detection	abnormal orientation of left frontal gyrus
6	20/male	Lt, sylvian fissure	no lesion detection	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
7	56/male	Lt, frontal lobe	no lesion detection	focal atrophic gyrus
8	16/female	Lt, frontal lobe	atrophic and gliotic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
9	14/male	Lt, frontal and superior parietal lobe	atrophic and gliotic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
10	28/female	Lt, parietal lobe	atrophic and gliotic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
11	38/male	Lt, superior frontal lobe	atrophic and gliotic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
12	28/male	Lt, middle and superior frontal lobe	diffuse atrophic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation
13	38/male	Left superior and middle frontal and parietal lobe	atrophic and gliotic gyrus	atrophic gyrus and abnormal gyral orientation



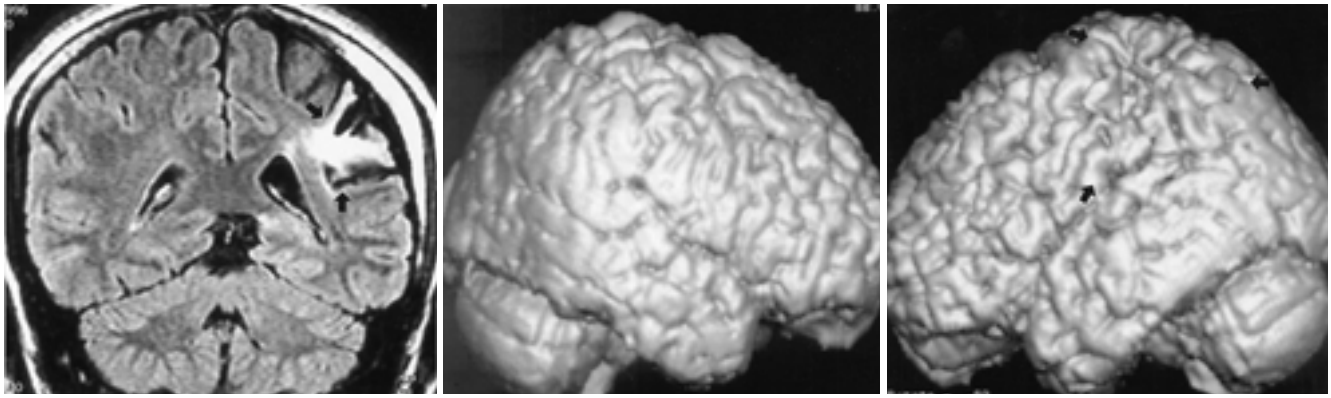
A B C

Fig. 1. 56-years-old man with cortical dysplasia of left frontal lobe. This is a case of cryptogenic epilepsy during 22 years.
A. 2D T1-weighted axial image cannot reveal any abnormality in the cerebral cortex. Other sequences cannot detect lesion.
B, C. 3D surface rendering images shows that affected gyri and sulci of left superior frontal lobe (arrows) are clearly abnormal in configuration and orientation compared to normal contralateral frontal lobe. This is a case of cortical dysplasia of left superior frontal gyrus.



A B C

Fig. 2. 35-years-old man with cortical dysplasia of left superior frontal lobe.
A. 2D T2-weighted coronal image shows focal high signal intensity in the left superior frontal lobe.
B, C. 3D surface rendering images show atrophic changes and abnormal alignment of affected gyri more confidently than conventional MR images (arrows). 3D surface rendering images depict the extent of the lesion confidentially, and help to determine the surgical resection margin before the operation.



A B C

Fig. 3. 14-years-old man with history of left fronto-temporal contusion due to traffic accident.
A. Diffuse atrophic and gliotic changes of the cortex of the frontal and temporal lobe along the left sylvian fissure reveal on 2D FLAIR coronal image. However, it is not easy to determine the exact extent of the cortical lesion on conventional axial images.
B, C. On 3D surface rendering imaging, it shows cortical abnormalities of the left frontal and temporal lobe along the left sylvian fissure compared to contralateral normal portion (arrows). The outer surfaces of the affected gyri appear to be thin and irregular, and extend to the frontal and parietal lobe upwardly along the sylvian fissure.

영상에서는 모든 환자에서 병변부위의 이상소견을 찾을 수 있었다.

뇌피질 이형성증의 7예중 4예는 2D MR 영상에서 병변이 보이지 않았으나 3차원 표면연출영상에서 비정상적인 회의 배열과 방향을 보였고 (Fig. 1), 2D MR 영상에서 전반적인 뇌피질 비후 소견으로 보인 2예는 3차원 표면연출영상에서는 팽창된 회의 형태를 보였고, 2D MR 영상에서 상부 전두엽부위에 T2 강조영상에서 국소적인 고신호 소견으로 보인 1예는 3차원 표면연출영상에서는 비정상적인 회의 배열을 보였다 (Fig. 2). 2D MR 영상에서 위축된 회와 확장된 구의 형태를 보였던 6예 모두에서 3 차원 표면연출영상 소견에서 같은 부위에 위축되어 있으며 비정상적인 회의 배열형태를 확인할 수 있었으며 주위의 정상적인 회와 구와의 경계를 알 수 있었다 (Fig. 3).

고 찰

신경이주이상 또는 뇌피질의 회나 구의 형태학적 이상을 가진 환자는 대부분 간질이 발생하며 수술적 치료를 받는 경우가 많다. 간질 환자의 수술치료의 목적은 발작소실이며, 이는

간질 병소를 얼마나 완전하게 절제하는가에 달려있다. 간질 병소를 충분히 제거하기 위해서는 간질병소의 정확한 진단은 필수적이다. 대부분의 뇌피질 질환은 뇌중앙부(central area)를 포함한 전두엽과 두정엽에서 주로 발생하기 때문에 이 부위의 간질병소 절제시에는 운동, 감각과 언어중추를 정확히 확인하여 보존해야 하는 어려움이 있다 (1-5). 병변부위와 중요 기능을 가진 뇌피질 부위와의 국소적인 해부학적 관계는 단지 수술시야에서 직접 확인하는 방법밖에는 없었다.

최근 뇌피질에 대한 3차원 표면연출영상이 가능해졌으며, 수술 전에 병변과 운동, 감각과 언어중추 영역과의 연관성을 확인할 수 있어 수술 전 치료계획에 큰 도움이 될 수 있다 (6-9). 3차원 표면연출영상은 해부학적 영역사이의 신호강도차이에 의존하여 개발된 기법이다. 대뇌반구의 3차원 표면연출을 위해서는 지주막하 공간이 뇌피질에 비해 고신호강도로 표현되는 T2- 나 T2* 강조 3차원 경사자장 에코 기법을 사용할 수 있다. 그러나, 부비동이나 뇌 기저부로부터 발생하는 자화율 인공물(susceptibility artifacts)이 심하여 이들 기법에 의한 영상의 질을 감소시킨다. MP-RAGE 기법은 뇌피질과 지주막하 공간사이의 신호강도차이가 경미할지라도 자화율 인공물이 없어 뇌피질 표면을 3차원 영상으로 표현하기 위한 자료로 사용할 수 있다 (7-9). 저자들도 MP-RAGE 기법에 의한 영상을 재구성하여 3차원 표면연출영상을 얻을 수 있었으며 인공물이 발생되지 않았다. 다음 단계로 다른 조직간의 화소 신호강도 차이에 따라 조직의 분획화를 시행하였다. 일반적인 3차원 컴퓨터 연출은 CT에 의한 연부조직과 골사이의 높은 CT값 수치 차이에 의해 골의 3차원 영상을 얻을 수 있었다. MRI에서는 조직간의 화소 신호 연속성에 의해 구분되어 지며, 일정한 화소신호에 따라 종괴나 뇌 표면 등의 관심부위를 2D 영상으로부터 3차원 영상으로 재구성 할 수 있으며 뇌 표면의 용적뿐만 아니라 내부 구조물까지 표현할 수 있게 되었다 (10). 본 연구에서는 뇌 표면의 비정상적인 소견을 알아보기 위해 각각의 2D 영상절편에서 뇌 표면의 윤곽을 따라 수동으로 분획하였다.

뇌피질 이형성증은 2D MR영상에서 확장된 회의 형태를 확인할 수 있으나 작은 병변은 관찰하기가 쉽지 않고 뇌피질 이형성증으로 최종 진단되었던 환자의 50%에서 처음에는 뇌피질 이형성증으로 진단되지 못하였다고 보고하였다 (11). 액체감약반전회복(fluid attenuated inversion recovery)영상에 의해 뇌피질 이형성증의 작은 병변도 많이 진단할 수 있게 되었지만 모든 환자에서 뇌피질 이형성증을 진단할 수는 없다 (12, 13). 저자들의 연구에 포함된 7예의 뇌피질 이형성증으로 진단된 환자 중 3예에서는 2D MR영상에서 이상소견을 보였으나 4예에서는 이상소견을 찾을 수 없어 잠복성 간질 (cryptogenic epilepsy)로 분류되었던 환자였다. 3차원 표면연출영상에서는 모든 환자에서 팽창된 회의 형태나 비정상적인 회와 구의 배열형태를 하고 있는 이상소견을 발견할 수 있어 기존의 잠복성 간질을 가진 환자에서 병변을 수술 전에 미리 확인할 수 있었다. 2D MR영상에서 위축된 회의 형태를 보였던 6예에서는 병변을 진단하는데 어려움이 없었다. 그러나, 수술 전 2D MR영상이 병변부위와 주위 정상적인 회와 구 부위와의 정확한 연관성뿐만 아니라 배열을 정확히 확인하는데 어려움이 있으며, 수술이 필요한 환자에서 3 차원 표면연출영상을 시행함으로써 정상적인 회부위와 경계 지워지는 병변부위를 미리 확인할 수 있으며, 특히 운동, 감각 및 언어 중추와의 연관성을 미리 알 수 있다 (14). 저자들의 연구에서도 3 차원 표면연출영상에서 병변 부위의 비정상적인 회의 형태, 위축된 회와 확장된 구의 형태를 찾을 수 있었으며, 병변주위의 정상적인 회와 구와의 정확한 연관성을 확인할 수 있었다.

3차원 MR영상 재구성을 위해서는 특별한 Workstation이 필요하고, 또한 영상 재구성시간이 많이 소요되며 3 차원 표면연출영상을 해석하기 위한 숙련이 필요한 단점이 있으나 여러 문헌에서 3 차원 표면연출영상의 임상적 유용성을 보고하였다 (7-9, 15, 16). 저자들도 잠복성 간질환자에서 병변을 발견할 수 있었고 또한 정상적인 부위와의 경계를 확인할 수 있어 수술이 필요한 환자에게서 수술 시 간질 병소의 충분하고 정확하게 절제하는 데 큰 도움이 될 수 있었다.

결론적으로 2D MR영상은 뇌피질 질환을 진단하는데 일차적인 방법이다. 그러나, 3차원 표면연출영상은 잠복성 간질이 의심되었던 예에서 뇌피질 이형성증을 보였던 병변부위를 찾을 수 있었으며, 2D MR영상에서 비정상적인 소견을 찾을 수 있었던 환자들도 3차원 표면연출영상을 시행함으로서 간질 병소의 정확한 해부학적 위치 및 주위의 중요한 운동, 감각과 언어 중추부위를 파악할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Palmin A, Andermann F, Olivier A, et al. Focal neuronal migration disorders and intractable partial epilepsy: a study of 30 patients. *Ann Neurol* 1991;30:741-749
2. Guerrini R, Dravet C, Raybaud C. Epilepsy and focal gyral anomalies detected by MRI: electroclinico-morphological correlations and follow-up. *Dev Med Child Neurol* 1992;34:706-718
3. Palmini A, Andermann F, Oliver A, Tampieri D, Robitaille Y. Focal neuronal migration disorders and intractable partial epilepsy: results of surgical treatment. *Ann Neurol* 1991;30:750-757
4. Palmini A, Andermann F, Oliver A. Neuronal migration disorders: a contribution to modern neuroimaging to the etiologic diagnosis of epilepsy. *Can J Neurol Sci* 1991;18:580-587
5. Taylor DC, Falconer MA, Bruton CJ, Corsellis JAN. Focal dysplasia of the cerebral cortex in epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1971;34:369-387
6. Brant-Zawadski M, Gillan GD, Atkinson DJ, Edalatpour N, Jensen M. Three-dimensional MR imaging and display of intracranial disease: improvements with the MP-RAGE sequence and gadolinium. *J Magn Reson Imaging* 1993;3:656-662
7. Kikinis R, Shenton ME, Gerig G, et al. Temporal lobe sulco-gyral pattern anomalies in schizophrenia: an in vivo MR three-dimensional surface rendering study. *Neuroscience* 1994;182:7-12
8. Kulynych JJ, Vladar K, Jones DW, Weinberger DR. Three-dimensional surface rendering in MRI mophometry: a study of the planum temporale. *J Comput Assist Tomogr* 1993;17:529-535
9. Brant-Zawadzki M, Gillian CD, Atkinson DJ, et al. MPRAGE: A three-dimensional, T1-weighted, gradient-echo sequence - initial experience. *Radiology* 1992;182:769-775

10. Brant-Zawadzki M, Gillian CD, Atkinson DJ, Atkinson DJ, Nasrola Edalatpour MS, Jenson M. Three-dimensional MR imaging and display of intracranial disease: improvements with the MP-RAGE sequence and gadolinium. *J Magn Reson Imaging* 1993;3:656-662
11. Kruzniechky R, Garcia JH, Faught F, Morawetz RB. Cortical dysplasia in temporal lobe epilepsy: magnetic resonance imaging correlations. *Ann Neurol* 1991;29:293-298
12. De Coene B, Hajnal JV, Gatehouse P. MR of the brain using Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) pulse sequences. *Am J Neuroradiol* 1992;13:1555-1564
13. Hajnal JV, Bryant DJ, Kasunoski L, et al. Use of Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) pulse sequence if MRI of the brain. *J Compt Assist Tomogr* 1992;16:841-844
14. Lee BCP, Hatfield G, Park TS, Kaufman BA. MR imaging surface display of the cerebral cortex in children. *Pediatr Radiol* 1997;27:199-206
15. Levin DN, Hu X. Tan KK, Galhorta S. Surface of the brain: three-dimensional MR images created with volume-rendering. *Radiology* 1989;171:277-280
16. Levin DN, Hu X, Tan KK, et al. Integrated three-dimensional display of MR, CT, and PET images of the brain. *Proc Natl Comput Graphics Assoc* 1989;1:179-186

J Korean Radiol Soc 2000;43:669 - 673

Three-Dimensional Surface Rendering Image of Cerebral Cortical Disease[1]

Hyo-Sung Kwak, M.D., Gyung-Ho Chung, M.D., Ha-Young Choi, M.D.[2]

[1]Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Hospital,
[2]Department of Neurosurgery, Chonbuk National University Hospital

Purpose: To describe the abnormal gyral and sulcal patterns obtained by means of three-dimensional (3-D) surface-rendering MR imaging in patients with cerebral cortical disease.

Materials and Methods: Thirteen patients with cerebral cortical disease [M:F = 9:4, aged 8 - 55 (median, 26.6) years] underwent 3-D surface-rendering MR imaging. Seven had cortical dysplasia and six showed gyral atropic change, conditions which in all cases were pathologically confirmed. All were the subject of conventional brain MRI imaging studies using the MP-RAGE (magnetization-prepared rapid gradient-echo) sequence, and the resulting 3-D data sets were processed on a commercially available workstation. Abnormal gyral and suleal configurations were reviewed.

Results: Abnormal gyral and sulcal patterns were seen in all patients. In eight cases these involved the frontal lobe, in three the parietal lobe, and in two the sylvian fissure. In four patients with cortical dysplasia, conventional MR imaging revealed no cortical abnormality, but 3-D surface-rendering MRI indicated that the configuration and orientation of affected gyri and sulci were abnormal. In nine patients in whom an abnormal gyral pattern was revealed by conventional MRI, 3-D surface imaging confirmed the presence of a thick and enlarged gyrus, or that the configuration of affected gyri was atrophic and abnormal.

Conclusion: In patients with cerebral cortical disease, 3-D surface-rendering MR imaging detects a high rate of abnormal gyral and sulcal patterns.

Index words : Magnetic resonance (MR), three-dimensional
Brain, abnormalities
Seizures

Address reprint requests to : Gyung-Ho Chung, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Hospital
634-18 Keumam-Dong, Chonju, Chonbuk, 561-712, Korea.
Tel. 82-63-250-1177 Fax. 82-63-272-0481