뇌피질 이형성증의 3차원 뇌표면 연출영상

황승배 · 곽효성 · 이상용 · 진공용 · 한영민 · 정경호

목적 : 뇌피질이형성증에서 3차원 뇌표면연출영상의 유용성을 평가하고자 하였다.
대상 및 방법 : 19명의 국소적 뇌피질이형성증을 대상으로 MP-RAGE영상을 이용하여 3차원 뇌표면연출영상을 얻었다. 비정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 해부학적 위치, 침범부위의 뇌이랑과 뇌고랑의 형태와 모양을 평가하였다.
결과 : 비정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 모양은 19명 중 18명의 환자에서 관찰되었다. 병변 부위의 뇌이랑과 뇌고랑의 형태와 배열, 침범모양은 뇌표면연출영상에서 명확하게 평가되었다. 무뇌회증에서는 엽이 구분되지 않았고, 뇌고랑이 없고 두껍고 매끄러운 뇌이랑이 하나의 엽으로 되어 있었다. 분열뇌증에서는 분열틈을 중심으로 여러 뇌이랑이 바퀴모양을 형성하고, 넓은 뇌이랑을 가지고 있었다. 일측성 거대뇌증에서는 병변측 대뇌반구가 커져 있었고, 두껍고 넓은 뇌이랑을 가지고 있었다. 선천성 양측 실비안주위 증후군에서는 섬피질이 노출되어 있었고, 병변 부위의 뇌이랑은 두꺼워져 있었다. 국소적 뇌피질이형성증에서는 균일하지 않은 톱니 모양이나 두껍고 커진 뇌이랑이 보였다. 이중 피질 증후군에서는 뇌이랑과 뇌고랑의 이상소견은 보이지 않았다.
결론 : 뇌피질이형성증 환자에서 3차원 뇌표면연출영상은 비정상적인 뇌피질의 뇌이랑과뇌고랑의 모양을 평가할 수 있고 정확한 병변의 위치를 평가하는 데 유용하다. 뇌표면연출영상은 수술 전 계획을 세우는 데 유용한 정보를 제공한다.

서 론

간질은 전 국민의 0.5~1% 정도의 유병률을 가진 흔한 신경질환 중 하나이다. 치료약제의 개발 덕분에 간질환자의 경련을 조절하는 데 많은 발전이 되었지만, 이 중 25~30% 정도는 약물치료로 조절되지 않는다(1). 뇌피질 이형성증(cortical dysplasia)은 태생기 초에 시작되는 신경 이주이상(neuronal migration disorder)으로 약물치료로 조절이 어려운 경련성 질환의 주된 원인이다(2, 3).

경련성 질환의 원인으로 뇌의 국한된 부위에 병소가 제한되어 있을 때 수술적인 치료방법이 적용되기 때문에 2차원적인 뇌의 이상소견뿐만 아니라 3차원적인 뇌표면의 침범부위와 모양 그리고 주위 정상적인 뇌 부위와 해부학적인 관계를 파악하는 것이 필요하다. 측두엽성 간질보다 뇌피질 이형성증에 의한 간질이 수술 후 완치율이 낮아서 수술 이전에 원인이 되는 병변의 정확한 위치 및 모양, 그리고 운동감각중추, 언어중추, 시각중추 등 뇌의 중요부위와 상세한 공간적인 관계를 정확히 확인해야 한다(4-7).

자기공명영상(MRI)은 뇌의 이상소견을 발견하는 데 가장 효과적인 영상기법이다. 신경 이주 이상은 뇌회질과 백질 사이의 모양이나 뇌회질의 비정상적인 신호강도와 두께를 2차원적인 영상으로 평가해 왔다(8, 9). 그러나 2차원 뇌영상으로는 신경 이주이상 환자에서 병변이 침범된 뇌표면의 3차원적인 소견 즉 뇌이랑(gyri)이나 뇌고랑(sulci)에 대한 형태학적 소견은 알기가 어렵다. 최근 3차원 자기공명영상에 의해 얻은 정보로 뇌 표

대한자기공명의과학회지 14:126-133(2010)
전북대학교 의학전문대학원 영상의학과
This paper was supported by funds from Chonbuk National University Hospital Research Institute.
접 수 : 2010년 8월 13일, 수 정 : 2010년 9월 20일, 채 택 : 2010년 11월 17일
통신저자 : 정경호, (561-712) 전주시 덕진구 금암동 638-18, 전북대학교 의학전문대학원 영상의학과
Tel. (063) 250-1177 Fax. (063) 272-0481 E-mail: chunggh@chonbuk.ac.kr

면의 재구성 영상이 가능해졌으며 운동, 감각과 언어중추 영역과 병변과의 연관성을 수술 전에 확인할 수 있어 수술 전 치료계획에 큰 도움이 될 수 있다(10, 11).

이에 저자들은 2차원 자기공명영상에서 뇌피질 이형성증으로 진단된 환자에서 3차원 표면연출영상(surface rendering imaging)을 만들어 뇌피질 이형성증의 3차원 해부학적 위치를 발견할 수 있는지 그리고 병변부위의 뇌표면의 뇌이랑과 뇌고랑의 두께와 형태를 파악하고 주위 정상부위와 관련성을 잘 파악할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

신경 이주이상인 뇌피질 이형성증 환자 19명을 대상으로 하였으며 남자 11명과 여자 8명이었고 평균연령은 26.6세(연령범위, 1-50세)이었다. 병변은 2명의 뇌신경계를 전문으로 하는 영상의학과 의사가 전형적인 2차원 자기공명영상 소견을 중심으로 무뇌회증(lissencephaly) 2명, 분열뇌증(schizencephaly) 4명, 일측성 거대뇌증(hemimegalencephaly) 2명, 선천성 양측 실비안주위 증후군(congenital bilateral perisylvian syndrome) 2명, 이중 피질 증후군 (double cortex syndrome) 1명, 그리고 국소적 뇌피질 이형성증(focal cortical dysplasia) 8명으로 진단하였고, 이 중 4명에서는 수술을 시행하여 병리학적으로 확진되었다.

뇌자기공명영상은 1.5T의 MRI기기(Symphony, Siemens, Erlangen, Germany)로 시행하였으며, T1강조영상과 T2강조영상을 5 mm 두께로 얻었고, 3차원 표면연출영상을 얻기 위해 MP-RAGE(magnetization prepared papid gradient echo)기법을 이용하여 T1강조 관상면 영상을 얻었다. MP-RAGE 영상의 parameter는 TE 4.0 msec, TR 9.7 msec, flip angle 12°, matrix 256×256, slice thickness 1 mm(coronal slab, 256 mm thick, with 256 partitions), field of view 256×256, inplane resolution 1.0×1.0 mm, 영상획득시간 11.56분이었다. 각각의 얻은 영상은 Marosis 5를 통해 Dicom형태로 VoxelPlus® software (Mevisys, Daejeon, Korea)로 전송하여 3D plus 기능을 이용하여 뇌의 뇌이랑과 뇌고랑이 가장 잘 보이는 영상조건으로 3차원 표면연출영상을 시행하였고 기본적으로 각 영상을 15° 간격으로 좌우, 그리고 상하로 돌려가면서 저장하였으며 그 외의 방향은 3차원 영상을 여러 각도로 돌려 가면서 가장 병변이 잘 보이는 면을 중심으로 저장하였다. 모든 환자에서 고식적인 MR 영상소견과 3차원 표면연출영상을 2명의 뇌신경계를 전문으로 하는 영상의학과 의사가 양측 뇌이랑과 뇌고랑의 해부학적 위치와 비정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 형태를 관찰하였다.

결 과

MP-RAGE T1강조영상을 이용한 3차원 표면연출영상의 영상 획득시간은 약 15분 정도 소요되었다. 3차원 표면연출영상에서는 전두엽, 두정엽, 그리고 측두엽의 중요한 정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 형태를 파악할 수 있었다. 2D MR 영상에서는 평가되지 않았던 병변의 뇌이랑과 뇌고랑의 모양을 정확하게 평가할 수 있었고 주위 정상 뇌이랑과 뇌고랑의 관계를 2D MR 영상보다 잘 평가할 수 있었다 (Fig. 1). 3차원 표면연출영상에서 이중 피질 증후군을 제외한 18예에서 비정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 윤곽과 형태 그리고 침범위치를 알 수 있었다.

국소적 뇌피질 이형성증에서는 두꺼워진 뇌이랑과 피질면이 평활하며 커진 경우와 피질면이 톱니모양으로 커진 뇌이랑의 부분이 잘 표현되었고, 침범된 뇌이랑과 뇌고랑부위가 주위의 정상 부위와 정확하게 경계 지워졌다 (Fig. 1).

2명의 무뇌회증에서 한 명은 양측 전두-두정엽에 병변이 있었고 다른 한 명은 양측 두정-후두-측두엽에 병변이 있었으며 전두-두정엽에 병변이 있는 증례에서는 전두엽과 두정엽이 하나의 덩어리로 보이면서 중심구(central sulcus) 부위만 뇌고랑의 모양을 일부 보이고 있었고 뇌이랑의 면은 부드럽지 않고 울퉁불퉁하였다. 또한, 정상부위와 병변부위가 정확하게 구분되어 보였다 (Fig. 2).

4명의 분열뇌증에서는 전두엽과 두정엽 부위에 분열된 뇌의 틈(cleft)이 있었고 전두엽과 두정엽의 뇌이랑 부분이 틈 주위를 둘러싼 바퀴모양으로 구성되어 있었으며, 뇌고랑 부위는 정상보다 깊고 뚜렷하게 보였고 정상 뇌이랑의 크기보다 크고 작은 뇌이랑의 모양을 확인하였으며 뇌이랑의 크기가 증가한 부분은 2차원 영상에서 뇌피질 이형성증이 동반되어 있었다. 또한, 열린 분열뇌증에서는 병변 중심틈이 넓었지만 닫힌 분열뇌증에서는 좁았다 (Fig. 3).

2명의 일측성 거대뇌증에서는 병변측 두정엽과 후두엽부위가 반대편보다 용량이 커져 있었으며 정상보다 2~3배 크고 면이 고르지 않은 뇌이랑이 병변측 전두엽의 뒷부분부터 두정엽, 그리고 후두엽에 놓여 있었다 (Fig. 4).

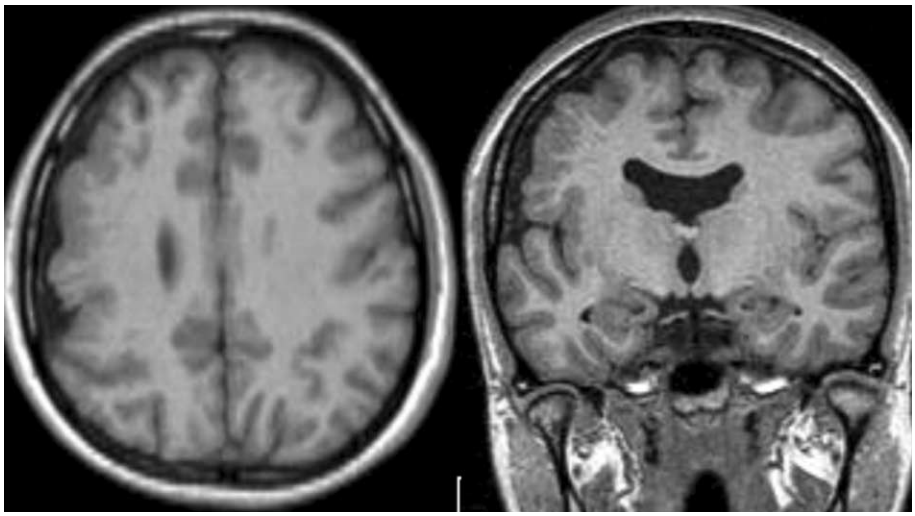
2명의 선천성 양측 실비안주위 증후군에서는 양측 실비안열(sylvian fissure)이 열려 있고 도(insular cortex)피질이 노출되어 있었으며 노출된 도피질도 두껍고 면이 울퉁불퉁해 있었고 전두엽, 측두엽을 포함된 대부분의 뇌이랑이 수직 방향으로 배치되어 있었다 (Fig. 5).

이중 피질 증후군에서는 3차원 표면연출영상에서 뇌이랑과 뇌고랑에 이상 소견을 보이지 않았다 (Fig. 6).

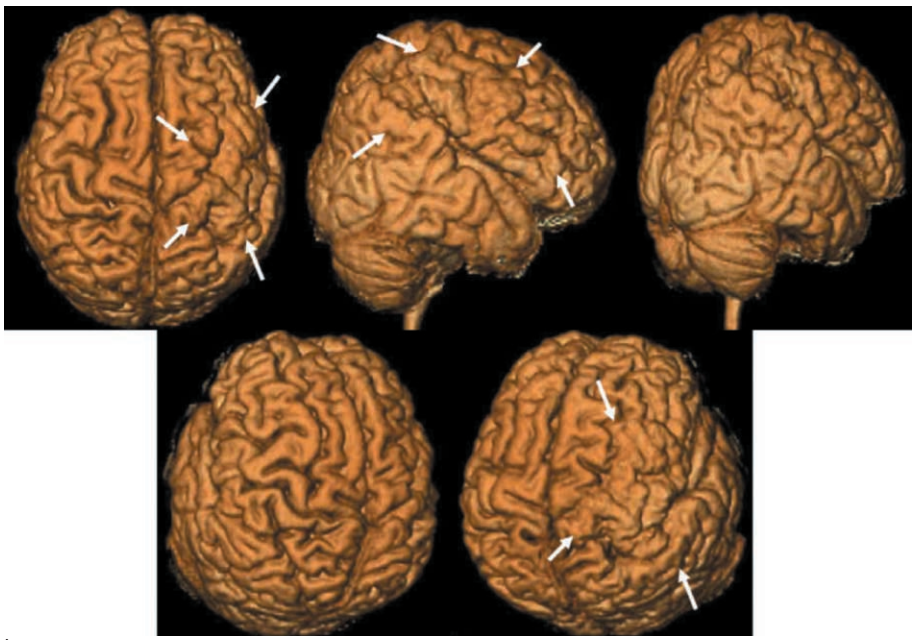
고 찰

뇌피질은 위치에 따른 기능적 구조로 되어 있으므로 비침습적으로 실제 뇌의 표면 해부학적 구조를 보는 것은 신경질환의 진단에 매우 도움이 된다. 보편적인 자기공명영상에서 각 촬영면에 따라 뇌이랑과 뇌고랑이 잘라지기 때문에 연속된 뇌의 모양을 정확하게 인지하는 것은 어렵다.

뇌피질의 뇌이랑과 뇌고랑의 형태학적 이상을 가진 뇌피질



a



b

Fig. 1. Focal cortical dysplasia. Axial and coronal MP RAGE T1 weighted images show the cortical dysplasia in right frontoparietal area(a). 3D surface rendering images show an enlarged right frontoparietal gyri. The involved gyri show irregular serrated surface in right superior and inferior frontal, parietal lobes. The abnormal gyral patterns of involved gyri are clearly delineated from surrounding normal gyri in right cerebral hemisphere arrows (b).

이형성증 환자는 지능이 떨어지고 언어 발달 장애 등 여러 가지 정신과 육체적 장애를 보인다. 영상기술의 발달 특히 자기공명영상의 발달로 2차원적인 병변의 위치와 뇌백질과 뇌회질의 이상소견은 T1강조영상, T2강조영상, 액체감쇄영상(FLAIR)등의 신호강도의 변화를 확인하여 진단이 가능해졌다. 하지만, 뇌표면의 뇌이랑과 뇌고랑의 3차원적인 모양과 위치관계는 표현이 어려웠다. 이를 해결하기 위하여 경사자장을 이용한 3차원 T1 강조영상인 MP-RAGE 기법으로 나온 MR 데이터를 VoxelPlus®로 옮겨 3차원 뇌표면 연출영상을 만들어 실제 뇌표면의 뇌이랑과 뇌고랑의 모양과 윤곽 및 위치를 파악하고 병변과 정상부위의 경계와 병변이 침범된 뇌고랑의 크기와 모양의 정확한 변화를 확인할 수 있었다.

3차원 표면연출영상은 해부학적 영역 사이의 신호강도차이에 의존하여 개발된 기법이다. 3차원 T1강조영상인 MP-RAGE 기법으로 생성된 데이터를 이용하여 뇌피질과 지주막하 공간 사이의 신호강도차이를 이용하여 서로 다른 조직간의 화소 신호강도차이에 따라 조직의 분획화를 시행하여 뇌피질 표면을 3차원 영상으로 표현한다(12-15). 3차원 표면연출영상을 좋은 영상으로 만들기 위해서는 3D MP-RAGE T1강조영상의 대조도와 공간적인 화상의 질이 좋아야 한다. 대조도가 좋지 못하면 3차원 표면연출영상을 소프트웨어 자체만으로는 자동적으로 만들지 못하며 뇌표면이 표현되지 않은 부위는 인위적으로 조정하여 영상을 만들어야 하고 시간도 많이 소요된다.

3차원 표면연출영상의 단점은 국소적 뇌피질 이형성증에서 보이는 뇌회질과 뇌백질사이 경계면의 변화를 알 수 없고 정상 4~5 mm보다도 두꺼운 뇌회질의 내부적인 두께를 볼 수 없으

며 T1강조영상, T2강조영상, FLAIR 등 여러 가지 영상조건에 따른 신호강도의 차이를 보이는 뇌회질과 뇌백질의 변화를 알 수가 없다. 또한, 3차원 표면연출영상에서는 임의적으로 선택된 색채를 사용하여 영상을 구성하기 때문에 뇌회질의 신호변화를 알 수가 없다. 본 연구에서 사용된 Voxel Plus®뿐만 아니라 Rapidia®, Voxar®, Vitrea® 등 여러 가지 3차원 영상을 만들 수 있는 소프트웨어를 따로 구입해야 하는 경제적 부담이 있으며 이전에 비해서 짧아졌지만 15분 정도의 영상 구성시간이 필요하고 또한 숙련된 인원이 필요하다. 이전에는 3차원 표면연출영상을 사용된 소프트웨어에서만 볼 수 있고 필름작업으로 가능하지 않았지만, 최근에는 PACS(picture archiving and communication system)에 저장하여 3차원 영상으로 볼 수 있게 되었다.

뇌피질 이형성증 환자는 대부분 간질이 발생하며 수술적 치료를 받는 경우에 간질 병소를 얼마나 완전하게 절제하는 것이 매우 중요하다. 대부분의 뇌피질 이형성증은 전두엽과 두정엽에

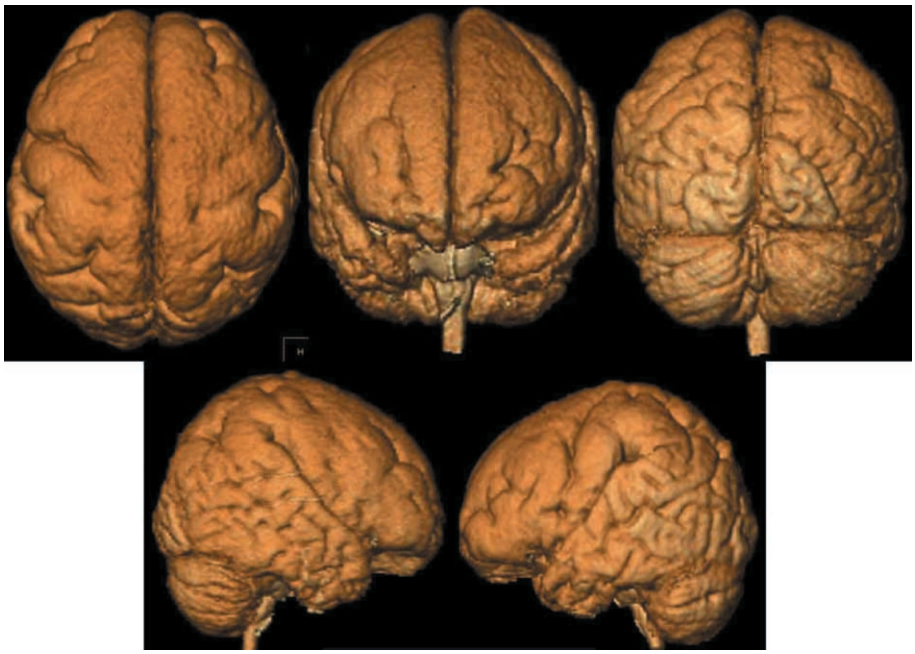


Fig. 2. Lissencephaly. 3D surface rendering images show scant sulcation with a thick and smooth gyral pattern in both frontoparietal cortex.

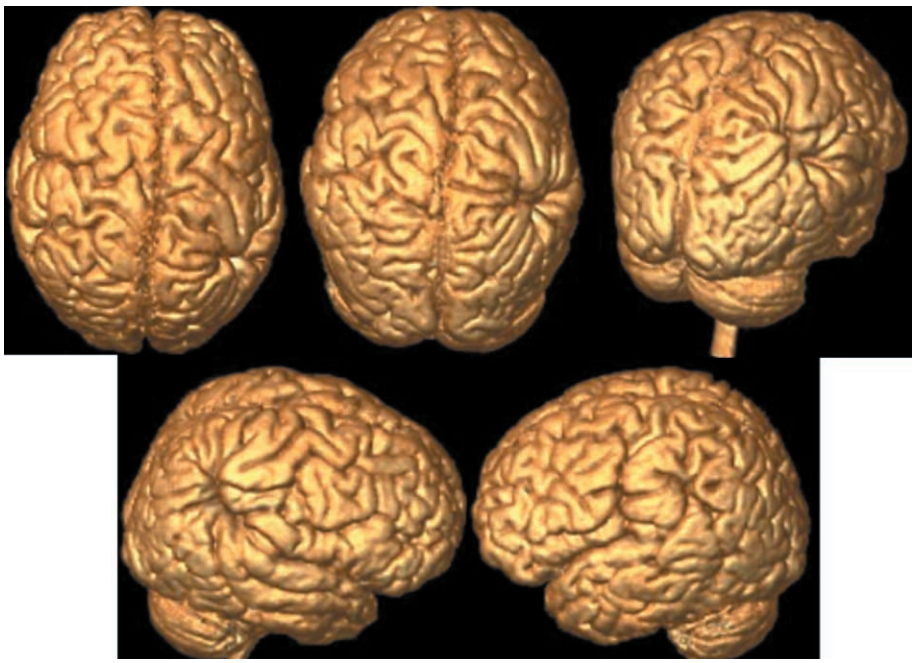


Fig. 3. Schizencephaly. 3D surface rendering images show open-lip schizencephalic defect in right-side and closed-lip defect in left-side lined by pachygyria. There are central cleft with radiating thickened gyri of right frontoparietal lobes.

서 주로 발생하기 때문에 이 부위의 간질병소 절제 시에는 운동, 감각과 언어중추를 정확히 확인하여 보존하면서 간질 병소를 충분히 제거하여야 한다(4-6). 뇌피질 이형성증 환자는 대뇌에 부분적으로 뇌신경 세포와 신경섬유의 비정상적인 배열로 특징되어 지는 데 자기공명영상에서는 뇌백질의 비정상 신호강도, 뇌회질-백질 사이의 신호강도차이의 감소로 경계가 불분명해지고 결절과 밴드모양의 뇌수질의 두께가 증가하며 이러한 소견은 2D MR 영상에서 확인이 가능하다. 그러나 수술 전 2D MR 영상은 병변부위와 주위 정상적인 뇌이랑과 뇌고랑 부위와의 정확한 연관성뿐만 아니라 배열을 정확히 확인하는 데 어려움이 있다. 병변부위와 중요 기능을 가진 뇌피질 부위와의 국소적인 해부학적 관계는 단지 수술 시야에서 직접 확인하여 치료되었으나 뇌피질에 대한 3차원 표면연출영상이 가능하여, 수술 전에 병변과 운동, 감각과 언어중추 영역과의 연관성을 3차원적인 시각으로 확인할 수 있어 수술 전 치료계획에 큰 도움이 될 수 있다(10, 11, 13-16). 본 원에서는 간질의 수술적 치료 전 모든 환자에서 3차원 표면연출영상을 만들어 정확한 병변의 침범위치와 모양을 3차원적으로 제공함으로써 수술 전 계획에 매

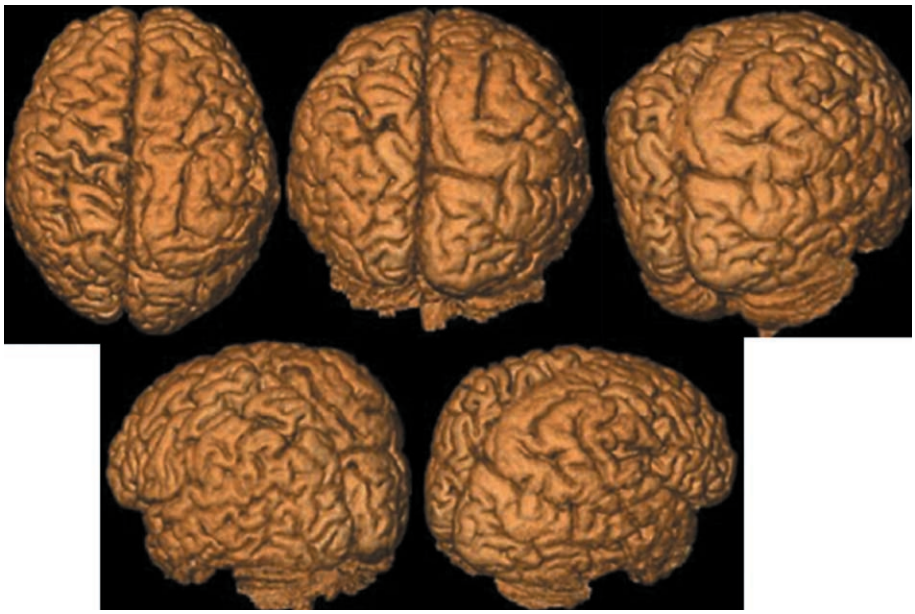


Fig. 4. Hemimegalencephaly. 3D surface rendering images show an enlarged right cerebral hemisphere with thickened gyri in right superior frontal, parietal and occipital lobes.

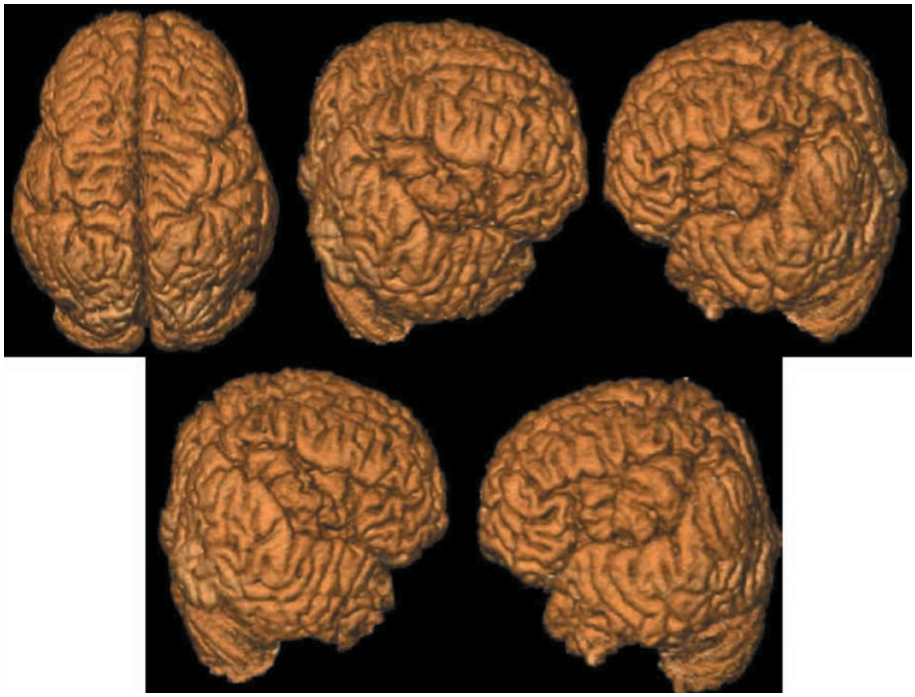


Fig. 5. Congenital bilateral perisylvian syndrome. The characteristic 3D surface rendering images show opened both sylvian fissure. The exposed insular cortex consists of the irregular thickened gyral pattern. Both temporal lobes consists of vertically oriented gyri.

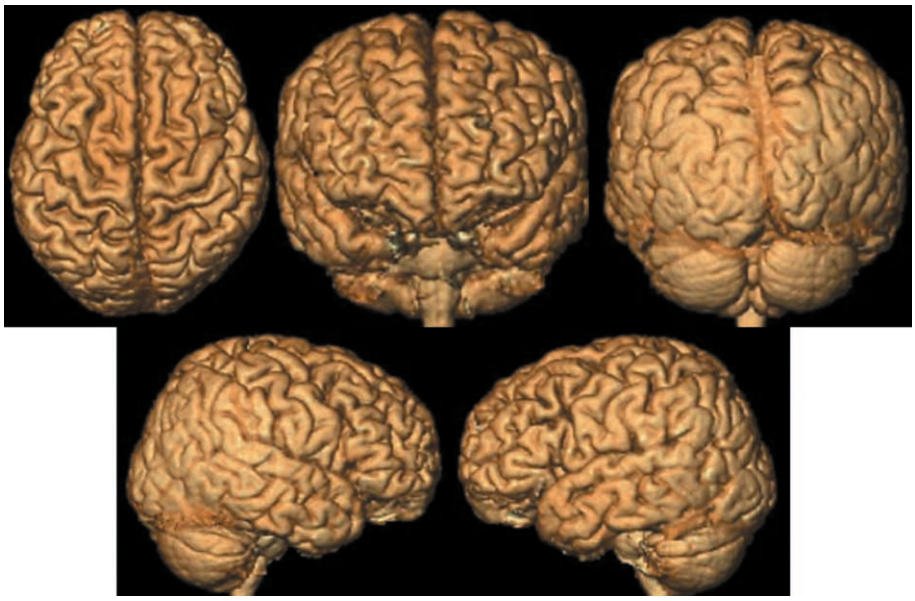


Fig. 6. Double cortex syndrome. Areas which are clearly shown are: precentral gyrus, postcentral gyrus, superior parietal lobules, precentral sulcus, central sulcus. There are normal findings of brain sulcal and gyral pattern.

우 유용하게 이용되고 있으며 저자들의 연구에서도 3차원 표면연출영상에서 병변 부위의 비정상적인 뇌이랑의 형태, 위축된 뇌이랑와 확장된 뇌고랑의 형태를 찾을 수 있었으며, 병변 주위의 정상적인 뇌이랑와 뇌고랑과의 정확한 연관성을 확인하여 수술 시 간질 병소의 충분하고 정확한 절제에 큰 도움이 되었다.

매끄러운 뇌표면을 가진 무뇌회증은 경련, 근력저하, 작은 뇌(microcephaly)와 얼굴 기형을 보이는 질환으로 완전한 뇌이랑없음증(agyria)과 일부 큰뇌이랑증(pachygyria)을 포함한 불완전한 모양의 뇌이랑없음증이 있고 피질은 두껍고 피질하 백질은 얇으며 정상적인 뇌회질-백질의 깍지낌(interdigitation)이 부족하다. 불완전한 덮개화(opercularization)에 의해서 실비안열은 얇고 뇌의 모양은 타원형 또한 모래시계(hourglass) 모양을 보인다(17-19). 3차원 표면연출영상에서는 전두-두정엽에 병변이 있는 증례에서 전두엽과 두정엽이 하나의 덩어리로 보이면서 중심구(central sulcus) 부위만 뇌고랑의 모양을 일부 보이고 있었고 덩어리 모양으로 보인 뇌이랑의 면은 부드럽지 않고 울퉁불퉁하였다 (Fig. 1).

분열뇌증은 자기공명영상으로 쉽게 진단되며 대뇌의 갈라진 틈(cleft)을 볼 수 있고 그 틈을 둘러싸고 있는 비정상적으로 두꺼워진 뇌피질을 확인할 수 있으며, 주위에 뇌피질 이형성증을 동반하는 경우가 많다(20-22). 3차원 표면연출영상에서는 전두엽, 두정엽, 측두엽에 상관없이 엽을 넘어서 벌어진 틈을 둘러싸기 위해 틈을 중심으로 방사성 원형모양으로 뇌이랑과 뇌고랑이 배열되어 있어 병변을 중심으로 뇌이랑과 뇌고랑이 좌우 뇌에서 전체적으로 재배치되어 있었으며 동반된 뇌피질 이형성증에 의해 일부 뇌이랑은 두꺼워져 있었다 (Fig. 2).

일측성 거대뇌증은 대뇌의 반구가 커지면서 이형성 과오종으로 확대되는 질환으로 이소증(heterotopias)이나 별아교세포양(astrocytosis)과 같은 뇌백질의 다양한 정도의 비정상적인 T1과 T2의 길어짐으로 인해 뇌회질-백질의 경계부위가 불분명해지고 병변측의 측뇌실이 커지는 질환이다(23, 24). 3차원 표면연출영상에서는 병변부위의 두정엽과 후두엽부위가 반대편보다 용량이 커져 있으며 정상보다 2~3배 크고 면이 고르지 않은 뇌이랑이 병변 쪽 전두엽의 뒷부분부터 두정엽, 그리고 후두엽에 놓여 있었다 (Fig. 3).

선천성 양측 실비안주위 증후군은 양측 실비안주위 뇌피질이 두껍고 덮개가 이형성되어 실비안열이 열려 있으며 거짓연수마비(pseudobulbar palsy), 간질, 인지기능장애를 보인다(25-27). 3차원 표면연출영상에서는 양측 실비안열을 덮고 있던 덮개에 결손이 있어 도(insular cortex)피질이 노출되어 있으며 노출된 도피질도 두껍고 면이 울퉁불퉁해 있고 전두엽, 측두엽을 포함된 대부분의 뇌이랑이 수직 방향으로 배치되어 있었다 (Fig. 4).

국소적 뇌피질 이형성증은 대뇌피질 일부에 비정상적인 신경세포와 아교(glial)세포가 있는 질환으로 뇌회질과 백질 사이의 경계가 불분명해 지며 부분적으로 뇌피질이 두꺼워진다. 커다란 뇌이랑과 넓거나 깊은 골을 가지고 있다. 3차원 표면연출영상에서는 두꺼워진 뇌이랑과 피질면이 평활하며 커진 경우와 피질면이 톱니모양으로 커진 뇌이랑의 부분이 잘 표현되었고 침범된 범위와 주위의 정상 뇌이랑과 뇌고랑이 정확하게 경계 지워졌다 (Fig. 5).

이중 피질 증후군은 여자에서 주로 일어나는 X연관우성유전(X-linked dominant inheritance)으로 자기공명영상에서 얇은 뇌백질에 의해 뇌회질이 뇌피질과 뇌피질하 뇌회질로 나뉘어진다(28). 뇌피질은 정상이거나 큰뇌이랑증(pachygyria) 패턴을 보인다. 본 증례에서는 3차원 표면연출영상에서 병변이 뇌표면에 침범되지 않고 뇌백질에 또 다른 뇌회질이 있는 모양으로 표현되기 때문에 비정상적인 뇌이랑과 뇌고랑의 윤곽과 형태를

보이지 않았다 (Fig. 6).

결론적으로 3차원 뇌표면 연출영상은 뇌피질 이형성증 환자에서 3차원적인 뇌이랑과 뇌고랑의 정확한 모양과 침범범위 그리고 주위 정상구조물과의 관계, 해부학적인 이상소견을 영상의학적으로 정확하게 표현하였고 간질 병소의 정확한 해부학적 위치 및 주위의 중요한 운동, 감각과 언어 중추부위와의 관계를 파악할 수 있었다. 따라서 뇌피질 이형성증 환자에서 3차원 뇌표면 연출영상은 정확한 병변의 침범위치와 모양을 3차원적으로 제공함으로써 수술 전 계획에 매우 유용하게 이용할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Keränen T, Riekkinen P. Severe epilepsy: diagnostic and epidemiological aspects. Acta Neurol Scand Suppl 1988;117:7-14
2. Palmini A, Andermann F, Olivier A, Tampieri D, Robitaille Y, Andermann E, et al. Focal neuronal migration disorders and intractable partial epilepsy: a study of 30 patients. Ann Neurol 1991;30:741-749
3. Vital A, Marchal C, Loiseau H, Rougier A, Pedespan JM, Rivel J, et al. Glial and neuronoglial malformative lesions associated with medically intractable epilepsy. Acta Neuropathol 1994;87:196-201
4. Pedespan JM, Loiseas H, Vital A, Marchal C, Fontan D, Rougier A. Surgical treatment of an early epileptic encephalopathy with suppression bursts and focal cortical dysplasia. Epilepsia 1995;36:37-40
5. Palmini A, Andermann F, Olivier A, Tampieri D, Robitaille Y. Focal neuronal migration disorders and intractable partial epilepsy: results of surgical treatment. Ann Neurol 1991;30:750-757
6. Devaux B, Chassoux F, Landre E, Turak B, Abou-Salma Z, Mann M, et al. Surgical resections in functional areas: report of 89 cases. Neurochirurgie 2008;54:409-417
7. Spencer SS, Berg AT, Victrey BG, Sperling MR, Bazil CW, Shinnar S, et al. Initial outcomes in the multicenter study of epilepsy surgery. Neurology 2003;61:1680-1685
8. Lee BC, Schmidt RE, Hatfield GA, Bourgeois B, Park TS. MRI of focal cortical dysplasia. Neuroradiology 1998;40:675-683
9. Kuzniecky R, Garcia JH, Faught E, Morawetz RB. Cortical dysplasia in temporal lobe epilepsy: magnetic resonance imaging correlations. Ann Neurol 1991;29:293-298
10. Hattingen E, Good C, Weidauer S, Herminghaus S, Raab P, Marquardt G, et al. Brain surface reformatted images for fast and easy localization of perirolandic lesions. J Neurosurg 2005;102:302-310
11. Araujo D, Machado HR, Oliveira RS, Terra-Bustamante V, Barros de Araujo D, Santos AC, et al. Brain surface reformatted imaging (BSRI) in surgical planning for resections around eloquent cortex. Childs Nerv Syst 2006;22:1122-1126
12. Mugler III JP, Brookeman JR. Rapid three-dimensional T1-weighted MR imaging with the MP-RAGE sequence. J Magn Reson Imaging 1991;1:561-567
13. Kulynych JJ, Vladar K, Jones DW, Weinberger DR. Three-dimensional surface rendering in MRI morphometry: a study of the planum temporale. J Comput Assist Tomogr 1993;17:529-535
14. Levin DN, Hu XP, Tan KK, Galhotra S. Surface of the brain: three-dimensional MR images created with volume rendering. Radiology 1989;171:227-280
15. Gong X, Fang M, Wang J, Sun J, Zhang X, Kwong WH, et al. Three-dimensional reconstruction of brain surface anatomy based on magnetic resonance imaging diffusion weighted imaging: a new approach. J Biomed Sci 2004;11:711-716
16. Lee BCP, Hatfield G, Park TS, Kaufman BA. MR imaging surface display of the cerebral cortex in children. Pediatr Radiol 1997;27:199-206
17. Abdel Razek AAK, Kandell AY, Elsorogy LG, Elmongy A, Basett AA. Disorders of cortical formation: MR imaging features. AJNR Am J Neuroradiol 2009;30:4-11
18. Byrd SE, Osborn RE, Bohan TP, Naidich TP. The CT and MR evaluation of migrational disorders of the brain. Part I. lissencephaly and pachygyria. Pediatr Radiol 1989;19:151-156
19. de Rijk-van Andel JF, van der Knaap MR, Valk J, Arts WF. Neuroimaging in lissencephaly type I. Neuroradiology 1991;33:230-233
20. Barkovich AJ, Kjos BO. Schizencephaly: correlation of clinical findings with MR characteristics. AJNR Am J Neuroradiol 1992;13:85-94
21. Lopes CF, Cendes F, Piovesana AM, Torres F, Lopes-Cendes I, Montenegro MA, et al. Epileptic features of patients with unilateral and bilateral schizencephaly. J Child Neurol 2006;21:757-760
22. Packard AM, Miller VS, Delgado MR. Schizencephaly: correlations of clinical and radiologic features. Neurology 1997;48:1427-1434
23. Nakahashi M, Sato N, Yagishita A, Ota M, Saito Y, Surgai K, et al. Clinical and imaging characteristics of localized megalencephaly: a retrospective comparison of diffuse hemimegalencephaly and multilobar cortical dysplasia. Neuroradiology 2009;51:821-830
24. Flores-Sarnat L. Hemimegalencephaly: part 1. Genetic, clinical, and imaging aspects. J Child Neurol 2002;17:373-384
25. Donders J, Mullarkey SK, Allchin J. Congenital bilateral perisylvian syndrome: a case study. Clin Neuropsychol 2009;23:276-285
26. Margari L, Presicci A, Ventura P, Buttiglione M, Andreula C, Perniola T. Congenital bilateral perisylvian syndrome with partial epilepsy. Case report with long term follow up. Brain Dev 2005;27:53-57
27. Luat AF, Bernardi B, Chygani HT. Congenital perisylvian syndrome: MRI and glucose PET correlations. Pediatr Neurol 2006;35:21-29
28. Koutsouraki E, Timplalexi G, Papadopoulou Z, Costa V, Baloyannis S. A case of intractable epilepsy in a double cortex syndrome. Int J Neurosci 2008;118:343-348

J. Korean Soc. Magn. Reson. Med. 14:126-133(2010)

Three-Dimensional Brain Surface Rendering Imaging of Cortical Dysplasia

Seung Bae Hwang, Hyo Sung Kwak, Sang Yong Lee, Gong Yong Jin,
Young Min Han, Gyung Ho Chung

Department of Radiology, Chonbuk National University Medical School Jeonju, Jeonbuk, Korea

Purpose : The study was to evaluate the localization of the abnormal gyral and sulcal patterns obtained by means of brain surface rendering imaging.

Materials and Methods : Nineteen patients with cortical dysplasia who underwent brain surface rendering MR imaging were included in this study. We acquired MP-RAGE sequence and created the 3-D surface rendering MR images by using VoxelPlus®. Anatomical locations and configurations of abnormal gyri and sulci were reviewed.

Results : Abnormal gyral and sulcal patterns were seen 18 in 19 patients. The configuration and orientation of affected gyri and sulci were clearly evaluated in the brain surface rendering images. In a lissencephaly, the a cortex was not delineated and showed markedly thick and smooth gyral pattern. In a schizencephaly, there were wheel shaped broad gyral pattern around the cleft. In a hemimegalencephaly, an affected hemisphere were enlarged and displayed thick and wide gyral pattern. In CBPS, the insular cortex was exposed and the gyri of the lesion were thickened. In focal cortical dysplasia, there were irregular serrated or thick and enlarged gyri.

Conclusion : Brain surface rendering MR imaging is useful for the evaluation of a detailed gyral pattern and accurate involvement site of abnormal gyri.

Index words : Brain
Magnetic resonance (MR)
Cortical dysplasia
Surface rendering

Address reprint requests to : Gyung Ho Chung, M.D., Department of Radiology, Chonbuk National University Medical School, 638-18, Keumam-dong, Deokjin-gu, Jeonju, Jeonbuk 561-712, Korea.
Tel. 82-63-250-1177 Fax. 82-63-272-0481 E-mail: chunggh@chonbuk.ac.kr