

# 간질의 자기공명영상 진단

## Magnetic Resonance Imaging in Epilepsy

김 동 익  
Dong-ik Kim, M.D.

### 서론

자기공명영상은 뇌의 해부학적 구조를 자세하게 볼 수 있고 간질의 원인이 되는 병변을 발견하는데 있어 그 민감도나 특이도가 CT를 능가하기 때문에 현재는 간질환자에 있어서 가장 처음에 시행하는 영상방법으로 자리잡고 있다.<sup>1)</sup> 간질환자에 있어서 이러한 자기공명영상의 주요 역할은 간질을 일으키는 병변이 어디에 있는가를 알아내고 그 병변이 무엇인가를 밝혀내는 것이다.

간질을 일으키는 병변은 크게 hippocampal sclerosis, disorders of neuronal migration and cortical organization, vascular malformations, tumors, 그리고 뇌손상에 의한 neocortical sclerosis의 다섯 가지로 나눌 수 있다. 자기공명영상은 이러한 병변의 발견에 있어서 민감도와 특이도가 가장 높은 검사방법이다. 또한 자기공명영상은 환자가 수술을 받아야 되는지, 수술을 받게 되면 어떻게 수술을 해야 하는지, 그리고 수술후 간질 치료에 대한 예후가 어떻게 되는지 등에 대해 도움을 준다. 여기에서는 간질을 일으키는 병변들의 자기공명영상 소견에 대해 알아보고 이러한 병변들의 발견과 진단을 위해서 어떠한 기법의 자기공명영상 도움이 되는지에 대해 알아보겠다.

### 간질을 일으키는 병변들

#### 1. Tumors

일반적으로 자기공명영상소견만으로 종양의 정확한 병리학적 소견을 예측한다는 것은 어렵다. 게다가 뇌피질에 위치한 종양-예를 들면 oligodendroglioma, ganglioglioma, 그리고 DNET-과 cortical dysplasia를 자기공명영상으로 구별하는데는 어려움이 있다.<sup>2)</sup> 연세대학교 의과대학 진단방사선과학교실  
Department of Diagnostic Radiology, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea  
교신저자 : 김동익, 120-752 서울 서대문구 신촌동 134  
TEL : (02) 361-5836 · FAX : (02) 312-0578

별하는 것은 때로는 어려운 일이 될 수도 있다.

간질환자에서 원인이 되는 종양의 자기공명영상 소견은 오랜 기간의 병력과 종양의 비활동적인 병리학적 소견과 부합된다. 이러한 종양은 보통 크기가 작고 경계가 좋으며 종양주위의 부종도 심하지 않고 뇌피질에 위치하는 경우 두개골의 내판의 remodelling을 일으키며 조영증강은 다양하게 보이고 보통 뇌백질보다는 피질에 위치하며 중심괴사를 보이지 않고 그리고 보통 천막상부나 뇌실밖에 존재하며 전두엽이나 측두엽에 위치하는 경우가 많다. 그러나 모든 종양이 다 이러한 소견을 보이는 것은 아니다.

#### 2. Astrocytomas

두 종류의 astrocytoma가 있고 이는 각각 diffuse type 과 pilocytic type이다. 간질 환자에 있어서 diffuse astrocytoma(가장 흔한 subtype인 fibrillary, gemistocytic, giant cell, 그리고 protoplasmic)는 lowgrade malignant lesion이다. 이러한 종류의 astrocytoma는 경계가 뚜렷하며 종괴효과 없거나 있어도 극히 적으며 조영증강도 보이지 않는 경우가 많다.

Pilocytic astrocytoma는 정의상 양성이고 주위 정상조직으로의 침윤도 보이지 않는다. 이러한 병변은 석회화될 수 있으며 낭성변화를 잘 일으키고 현미경상으로 많은 Rosenthal fiber를 형성한다.<sup>2)</sup> 조영증강시 강한 조영증강을 보이며 보통 diencephalon, optic nerve나 chiasm, 그리고 소뇌반구에 잘 발생하며 대뇌반구에서 발생할 경우 간질이 주된 첫 증상이다.

#### 3. Oligodendrogliomas

대략 뇌종양의 5% 정도를 차지하고 특징적으로 뇌피질에서 발견된다.<sup>2)</sup> 병리학적 소견은 피막을 가지지 않고 경계가 좋은 종양이며 석회화와 낭성변화를 비교적 잘 일으키며 출혈이나 괴사는 잘 보이지 않는다. 자기공명영상에서는 T1 강조영상에서는 뇌실질과 비교해서 저신호강도나 같은 신호

강도로 보이고 T2강조영상에서는 고신호강도로 보이며 조영증강은 다양하게 나타난다. 석회화를 보기 위해서는 자기공명영상보다는 CT scan이 훨씬 더 좋은 검사방법이 된다.

#### 4. Gangliogliomas

측두엽에 호발하며 오직 glial elements만을 함유하는 다 른 대부분의 뇌종양과 달리 분화된 glial 그리고 ganglion cell을 가지고 있다.<sup>2)</sup> Astrocytic components는 diffuse type일수도 있고 pilocytic type일 수도 있다. 주로 glial components로 이루어진 경우 ganglioglioma라 하고 neural elements로 이루어진 경우 gangliocytoma라 한다. 특징적으로 gnaglioglioma는 하나의 낭포나 아니면 여러 개의 낭포를 가지며 석회화를 잘 일으키고 조영증강도 잘 되는 편이다.

#### 5. Dysembryoplastic Neuroepithelial Tumors(DNETs)

Neuronal, oligodendroglial, 그리고 astrocytic elements의 병리학적 소견과 cellular atypia는 거의 보이지 않으며 주로 측두엽에 호발하는 것이 특징이다. 이 종양은 양성이기 때문에 수술로서 종양을 완전히 제거할 경우 완치될 수 있다.<sup>3)</sup> 자기공명영상에서 울퉁불퉁한 결절모양을 보이고, 피질이 두꺼워지며, 그리고 T2강조영상에서 고신호강도로 보인다. 여러 개의 낭포를 형성하며 종양의 일부에서 석회화나 조영증강이 있다. 피질에 위치하며 오랜 기간의 병력을 가지기 때문에 두개골 내판의 골미란(bony erosion)이 흔하다.

#### 6. Neuronal Migration Disorders

정상적인 발달과정에서 neuron과 glial cell은 germinal matrix에서 형성되어 뇌실표면에 위치하게 된다. 뇌피질의 발달은 cell proliferation, migration, differentiation, 그리고 cortical organization의 단계로 나눌 수 있다.<sup>4)</sup> Germinal matrix에서 마지막 세포분열이 끝나면 대부분의 neuron은 radial migration과정을 통해 대뇌피질에 도달하게 된다. 대뇌피질의 여섯 개의 층은 inside-out fashion으로 형성되는데 다시 말하면 여섯 번째 층의 세포가 제일 먼저 이동한다는 것이다. 이러한 대부분의 cell migration은 태생 7주에서 16주 사이에 일어난다. migration후에 neuron은 각각의 피질층으로 분화한다. 이 과정을 cortical organization이라 한다. Neuronal migration과 organization의 주요 이상-원인이 저산소증이든, 대사 이상

이든, toxin에 대한 노출이든, 또는 chemotaxis에 유전적 결함이든 간에-은 이 시기에 일어난다.

#### 7. Focal Cortical Dysplasia and Polymicrogyria

Cortical dysplasia는 laminar cortical organization이 비정상적으로 일어나고 이 부위에 glial, neuronal, 그리고 indeterminate lineage의 giant balloon cell이 존재하는 것이다. polymicrogyria는 네 층으로 이루어진 뇌 피질에 많은 작고 비정상적인 gyri가 존재하는 것을 말한다. Focal cortical dysplasia와 polymicrogyria는 vascular insult의 시기와 정도만 다를 뿐 그 병리학적 기전은 같다.<sup>5)</sup>

이러한 focal cortical dysplasia나 polymicrogyria의 자기공명영상 소견은 비정상적으로 두꺼워진 피질(정상에서 피질의 두께는 4 mm를 넘지 않음)인데 보통 시행하는 자기공명영상에서는 volume-averaging effect에 의해 정상피질의 두께가 4 mm를 넘는 경우가 보이기 때문에 이러한 경우 절편두께를 1.5 mm로 하여 3-D volumetric MRI acquisition을 얻는다면 이러한 artifact를 해결할 수 있다.

#### 8. Vascular Malformations

뇌혈관기형의 종류에는 cavernous malformation, capillary telangiectasia, developmental venous anomaly, 그리고 arteriovenous malformation(AVM)이 있다.

뇌동정맥기형(AVM)은 동맥과 정맥 사이에 모세혈관을 통한 연결이 없이 동맥과 정맥이 직접 연결되는 것이다. 뇌동정맥기형의 핵(nidus)을 이루는 혈관은 비정상적이고, 정상모세혈관보다 더 직경이 크며 벽이 두꺼우며 arteriovenous shunting이 일어나고 정의상 arteriovenous circulation time이 짧아진다. 공급동맥과 유출정맥은 혈류량이 증가하여 확장된다. 가장 흔한 증상은 출혈이며 간질도 주된 증상중의 하나이다. 그러나 뇌동정맥기형에 있어서 수술의 중요성은 일차적으로 출혈의 위험을 낮추는데 있으며 간질에 대한 치료로서의 수술은 이차적인 고려의 대상이다.

Occult라는 용어는 뇌혈관촬영으로 보이지 않는 혈관기형을 말하며 이에 cavernous malformation, capillary telangiectasia, 그리고 thrombosed AVM이 있다. 이 세 가지 혈관기형은 서로 유사한 모양을 보여 자기공명영상이나 CT로는 구별이 어렵다. 그러나 병변의 발견만으로 볼 때는 자기공명영상이 가장 우수하다. Cavernous malformation은 크고 비정상적인 vascular space로 이루어졌으며 이

비정상적인 vascular nidus 주위로 gliotic hemosiderin rim이 둘러싸고 있어 자기공명영상에서 특히 T2강조영상이나 gradient-echo image에서 저신호강도의 rim을 볼 수 있다. Central nidus는 균일하지 않은 그물모양의 신호강도를 보이고 T1강조영상과 T2강조영상에서 고신호강도를 보인다. 이는 이 질환의 nidus의 벽을 통해서 계속 blood product의 leak가 일어나는 것과 gliosis 때문으로 생각된다. Cavernous malformation과 capillary telangiectasia의 주된 병리학적 소견의 차이는 전자가 비정상적인 혈관과 혈관 사이에 정상적인 신경조직이 없는데 비해 후자는 비정상적인 vascular channel 사이에 정상적인 신경조직이 있다는 것이다. 그러나 이 두 기형은 한 병변내에서 같이 발견되는 경우가 많기 때문에 같은 질환의 다른 형태로 생각되고 있다.

Sturge-Weber syndrome은 facial, leptomeningeal, 그리고 ocular angiomatosis, 정신지체, 간질, 그리고 신경학적 결손으로 특징지어진다. 경련이 주된 증상이며 주된 두 개강내 이상소견은 pial angioma(persistent embryonic vasculature로 생각됨)이며 간질은 underlying brain에 대한 이 혈관기형의 작용때문으로 생각한다. 자기공명영상 소견은 pial angioma의 조영증강과 그에 관계된 뇌피질의 위축이다. sulcus를 사이에 두고 서로 마주보고 있는 피질의 석회화가 기차길 모양으로 보이며 T2강조영상에서는 저신호강도의 띠로 보인다. 이러한 dystrophic calcification과 뇌피질위축은 정상적인 피질유출정맥이 없기 때문에 허혈이 오랫동안 지속되어 생기는 것으로 생각된다. 이 기형은 보통 일측성으로 나타나고 parieto-occipital region에 나타나지만 때로는 양측성으로 나타나기도 하고 어느 neocortical area에도 다 나타날 수 있다. 동측의 choroid plexus가 커지고 강한 조영증강을 보인다.

9. Mesial Temporal Sclerosis

Mesial temporal sclerosis에서는 세포소실과 astrogliosis가 mesial temporal cortex, hippocampal formation, amygdala, parahippocampal gyrus, 그리고 entorhinal cortex에서 발생한다. 전형적인 mesial temporal sclerosis(Ammon's horn sclerosis)는 CA1, CA3, 그리고 dentate hilum에 pyramidal cell의 뚜렷한 소실이 보이고 CA2 sector의 pyramidal cell은 영향을 받지 않는 소견을 보인다.<sup>6)</sup> Autopsy 연구에 의하면 양측성으로

오는 경우가 80%에 이를 정도로 흔하다고 하지만 보통은 한 쪽이 더 심하게 침범되기 때문에 간질의 기원이 되는 곳을 쉽게 찾을 수 있다.

세포소실과 gliosis에 해당하는 자기공명영상의 소견은 각각 위축과 신호강도의 변화이다.<sup>7,8)</sup> hippocampus의 위축은 coronal T1강조영상에서 가장 잘 볼 수 있으며 이 coronal image는 hippocampal formation의 principal axis에 수직으로 해서 얻어진다. 신호강도의 변화-T1강조영상에서 저신호강도 그리고 T2강조영상에서 고신호강도-는 조직의 수분이 증가하는 것과 일치한다. 이 외에도 몇 가지 소견이 있는데 이는 hippocampus의 정상적인 내부구조의 소실, mamillary body, columns of fornix, amygdala, 그리고 parahippocampal gyrus의 white matter bundle의 일측성 위축등이다. 이러한 모든 소견들이 mesial temporal sclerosis 환자의 경우에서 보이지만 가장 중요한 소견은 작고 신호강도가 증가한 hippocampus가 가장 중요한 소견이다. 그러나 때로는 정상 크기의 hippocampus에서 신호강도만 올라간 경우나 신호강도는 정상인데 hippocampus의 크기가 작아져 있는 경우가 있다. 그러나 보통 일측성 mesial temporal sclerosis의 경우 자기공명영상을 통한 진단율은 90% 이상이다.

최근 mesial temporal sclerosis에 있어서 두 가지 기법이 등장하였다. hippocampus의 부피를 측정하는 방법이 Mayo clinic에서 개발되어 현재는 여러 주요 epilepsy surgical center에서 이용되고 있다.<sup>9)</sup> Hippocampal volume의 소실의 정도는 병리학적 소견에서 보이는 세포소실의 정도와 일치한다.<sup>10)</sup> Hippocampal volumetry의 이용은 hippocampal atrophy와 뚜렷한 medial temporal lobe seizure onset syndrome과의 관계를 정립시키는데 도움이 된다. Hippocampal volumetry에 의한 측두엽 절제 후의 결과에 대한 평가를 해보면 EEG상의 unilateral temporal lobe seizure onset이 predominantly unilateral hippocampal atrophy와 일치하는 경우 수술 후 간질이 재발하지 않을 확률은 90%를 넘는 것으로 되어 있다. 이에 비해 nonlesional temporal lobe epilepsy가 있고 EEG상 unilateral temporal lobe seizure onset이 보이나 predominantly unilateral hippocampal atrophy의 volumetric evidence가 없는 경우 수술 후 간질이 재발하지 않을 확률은 50% 미만으로 알려져 있다. 또한 hippocampal volume은 수술 전 그리고 수술 후의 기억력과 관계가 있다. 게다가

volumetric study는 hippocampal atrophy가 간질질환을 앓았던 기간과 심한 정도보다는 age onset과 밀접한 연관이 있음을 보여준다. 그러나 사실 일측성 mesial temporal sclerosis가 뚜렷할 경우 굳이 이러한 방법을 통하지 않고도 visual inspection만으로도 진단이 가능하다. mesial temporal sclerosis에 있어서 신호강도의 변화는 T2 relaxometry에 의해 측정할 수 있다.

### 10. Hippocampal Volumetry

Jack et al.에 의해 정상인과 측두엽 간질환자에 있어서 hippocampal volume을 정량적으로 측정하는 방법이 처음으로 소개된 후 hippocampal atrophy의 평가는 이러한 자기공명영상에 근거하는 측정법에 의해 더욱 향상되었다.<sup>9)</sup> 사실 경험이 있으면 20% 이상 차이가 나는 hippocampal asymmetry는 visual inspection으로 발견할 수 있다. 그러나 이보다 작은 asymmetry는 이러한 volumetry에 의해 도움을 받을 수 있다. hippocampus는 상당히 작은 구조이므로 그 volume을 측정하는 데에는 T1 대조도를 높이기 위해 gradient-echo acquisition 전에 inversion pulse가 필요하다. Coronal scanning을 하며 hippocampus의 해부학적 경계를 in-plane에서 정하며 그리고 앞과 뒤의 경계도 결정한다(Fig. 1). 이러한 경계를 정하는 것이 가장 중요하며 이것이 사람마다 volumetry의 결과가 다르게 나오는 가장 큰 이유이다. In-plane boundary는 Ammon's horn(CA1-4), dentate gyrus, subiculum, 그리고 alveus를 포함해야 한다. 앞과 뒤의 경계는 제일 앞쪽 단면은 amygdala와 연결되어 있는 hippocampus의 head가 보이는 부분이고 뒤쪽 경계는 사람마다 정의하는 것이 조금 다르다. 어떤 사람들은 hippocampal tail이 끝나는 곳으로 정하기도 하고 또 어떤 사람들은 fornix의 crus 전체가 다 보이는 곳을 뒤쪽

경계로 잡기도 한다. 그러나 보통은 후자가 더 많이 이용된다. 이 방법의 문제점은 이러한 방법이 모두 수작업, 즉 한 단면에서 이러한 경계를 따라 일일이 손으로 경계를 그려 면적을 구한 후 각 단면의 면적을 모두 합하여 volume을 구하기 때문에 시간이 너무 많이 걸린다는 것이며 사람마다 그리고 같은 사람이 다시 구하는 경우 그 결과가 서로 다르다는 것이다.

대부분의 사람들은 absolute hippocampal volume을 보고한다. 그러나 어떤 사람들은 양측 hippocampus 사이의 volume ratio를 구하기도 하고 total intracranial volume에 대한 hippocampal volume의 비율을 구하기도 한다. 이러한 hippocampal volumetry의 임상적 이용은 seizure focus의 lateralization이다. 그러나 mesial temporal sclerosis가 양측성으로 나타나는 경우 이 양측성 mesial temporal sclerosis의 평가는 직접 눈으로 보거나 volumetry를 하여도 이를 알기는 쉽지 않다. Hippocampal volume ratio 방법의 가장 큰 단점은 양측성 mesial temporal sclerosis를 진단하지 못한다는 것이다. 따라서 양측성 mesial temporal sclerosis는 absolute hippocampal volume study로 진단하여야 한다.<sup>10)</sup> 또한 total intracranial volume에 대한 hippocampal volume ratio는 남녀간의 성적인 차이를 제거할 뿐 아니라 양측성 mesial temporal sclerosis의 발견의 민감도를 높인다.

### 11. T2 Relaxometry

Volumetric technique으로 hippocampal atrophy를 정량적으로 측정하는 것 외에 T2강조영상에서도 T2 relaxation time을 측정함으로써도 정량적인 연구가 가능하다.<sup>12)</sup> 이는 같은 단면에서 같은 TR내에서 echo time을 서로 다르게 하여 영상을 얻고 신호강도의 decay를 측정함으



Fig. 1. Volumetric measurements of the hippocampus. Different techniques have been applied to measure the hippocampus and adjacent structures. Measurements in the coronal plane through the hippocampus (left), and in the sagittal plane (middle and right).

로써 얻을 수 있다.

비정상적으로 올라간 T2 relaxation time은 간질의 기원이 되는 쪽을 lateralizing하는데 유용하며 Jackson's series에서는 intractable epilepsy 환자의 70%에서 정확한 lateralization이 가능하였다고 보고되었다.<sup>12)</sup> T2 relaxometry는 별로 심하지 않은 mesial temporal sclerosis이나 양측성 mesial temporal sclerosis의 발견을 가능하게 하여 hippocampal pathology의 발견에 대한 자기공명영상의 민감도를 높였다. 양측성 mesial temporal sclerosis의 경우 더 비정상적인 신호강도를 보이는 쪽이 간질이 기원하는 쪽과 일치하였다. 또한 T2 relaxation time과 hippocampal atrophy의 심한 정도 사이에 밀접한 연관이 있었다.<sup>13)</sup>

병리학적으로 mesial temporal sclerosis로 진단이 된 환자의 일부에서 정상적인 T2 relaxation time을 가지는 경우가 있다. 이러한 경우가 이 방법의 단점이 되는데 이는 단지 hippocampal body의 한 부분에서만 T2 relaxation time을 측정했기 때문이며 mesial temporal sclerosis는 hippocampus의 길이를 따라 심한 정도가 다르기 때문에 hippocampus 전체를 포함하는 contiguous coronal section에서 T2 relaxation time을 측정하면 이러한 문제를 해결할 수 있다. T2 relaxation time mapping은 amygdala의 병변에도 민감하여 intractable temporal lobe epilepsy 환자의 amygdala에 있어서 통상적인 자기공명영상으로는 발견할 수 없는 병변을 발견해 내는데 유리하다.<sup>14)</sup> 또한 이 방법은 약제에 의한 신경학적 손상(drug neurotoxicity)의 연구에도 적용이 된다. Jackson et al에 의하면 항경련제인 vigabatrin을 투여한 쥐에서 myelin내의 부종의 발달에 민감하다고 하였다. 그러나 사람을 대상으로 하였을 경우 이러한 병변을 나타내지는 않았다.<sup>15)</sup>

따라서 정량적인 자기공명영상기법인 hippocampal volumetry와 T2 relaxometry는 특히 같이 사용할 경우 처음 진단과 평가뿐 아니라 hippocampal injury가 진행되는 정도의 추적에 이용할 수 있는 검사방법들이다.

## 12. Neocortical Sclerosis from Brain Injury

Sclerosis, tissue loss, 그리고 astroglial proliferation은 여러 종류의 뇌손상-trauma, 감염, 염증반응, 그리고 뇌경색-으로부터 발생한다. 위의 어떤 경우라도 뇌조직의 피사가 발생한다. 그러나 전형적으로 이러한 피사는 sclerosis에 의해 둘러싸여 있다. sclerosis의 자기공명영상 소견은 위

측과 조직의 수분의 증가에 기인하는 신호강도의 변화이다. trauma의 경우 hemosiderin이 위축된 뇌피질에 침착된다. 이렇게 뇌손상으로부터 나타나는 sclerosis 환자에게서 경련이 일어나는 기전은 아직 잘 모른다.

## 결 론

지금까지 간질의 원인이 되는 병변 중에서 자기공명영상으로 발견이 가능한 질환에 대해 살펴 보았고 또한 특수한 자기공명영상 기법을 이용할 경우 예를 들면 mesial temporal sclerosis에서 hippocampal volumetry나 T2 relaxometry와 같은 기법을 이용하면 진단율을 높일 수 있다고 말했다. 따라서 간질때문에 자기공명영상을 촬영할 경우가 가장 적합한 검사방법을 위해서는 다음과 같은 guideline을 가지고 영상을 얻는 것이 병변의 발견과 진단에 도움이 될 것으로 생각된다.

1) Screening protocol examination은 간질환자에서 발견되는 피질구조의 미세한 변화, 예를 들면 mesial temporal sclerosis에서 hippocampal atrophy가 별로 심하지 않거나 cortical dysplasia가 의심이 될 경우 이의 발견을 위해 충분한 spatial resolution을 가져야 한다. 따라서 3D volumetric pulse sequence가 필요하다.

2) Screening examination은 신호강도의 증가가 미약한 부위의 발견에 충분할 정도로 T2 contrast-to-noise ratio가 높아야 한다. 이 기준은 mesial temporal sclerosis나 neocortical sclerosis에서 보이는 신호강도의 증가의 발견에 매우 중요하다. 최근에 fluid-attenuated inversion recovery(FALIR) imaging이 개발되어 뇌피질의 신호강도가 미약한 부위의 발견에 많은 도움을 주고 있다.<sup>16)</sup> 이는 inversion time이 뇌척수액의 신호강도가 억제되도록 정해졌기 때문에 뇌실질의 신호강도의 변화를 더욱 잘 볼 수 있는 장점이 있다.

3) 마지막으로 간질을 일으키는 대부분의 병변이 측두엽에 있고 그 중 mesial temporal sclerosis가 가장 흔한 간질을 일으키는 병변이기 때문에 hippocampus의 장축에 수직으로 3-D volumetric sequence와 T2강조영상 또는 FLAIR sequence로 coronal plane을 얻어야 한다. 이 중 T2강조영상은 fast spin-echo(FSE) technique으로 얻으며 이 FSE T2강조영상을 이용하여 2 내지 3 mm 두께로 영상을 얻음으로써 hippocampus의 내부구조를 정확히 볼

수 있고 또한 신호강도의 미약한 변화를 정확히 알아낼 수 있다. 또한 양측성 mesial temporal sclerosis나 별로 심하지 않은 일측성 mesial temporal sclerosis의 발견을 위해 T2 relaxometry를 추가하는 것이 도움이 된다.

중심 단어 : Magnetic resonance imaging · Epilepsy · Mesial temporal sclerosis.

- 논문접수일 : 1998년 12월 22일
- 심사통과일 : 1999년 1월 25일

**REFERENCES**

- 1) Kuzniecky RI, Jackson GD. Magnetic Resonance in Epilepsy. New York: Raven Press, 1995:107-83.
- 2) Okazaki H, Scheithauer BW. Atlas of Neuropathology. Philadelphia: Lippincott, 1988: 59-216.
- 3) Dumas-Duport C, Scheithauer BW, Chodkiewicz JP, Laws ER Jr, Vedrenne C. Dysembryoplastic neuroepithelial tumor: a surgically curable tumor of young patients with intractable partial seizures: report of thirty-nine cases. *Neurosurgery* 1988;23:545-56.
- 4) Barkovich AJ, Gressens P, Evrard P. Formation, maturation, and disorders of brain neocortex. *AJNR* 1992;13:423-46.
- 5) Barth PG. Disorders of neuronal migration. *Can J Neurol Sci* 1987;14:1-16.
- 6) Babb TL, Brown WJ, Pretorius J, Davenport C, Lieb JP, Crandall PH. Temporal lobe volumetric cell densities in temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 1984;25:729-40.
- 7) Jackson GD, Berkovic SF, Duncan JS, Connelly A. Optimizing the diagnosis of hippocampal sclerosis using MR imaging. *AJNR* 1993;14:753-62.
- 8) Bronen RA, Cheung G, Charles JT, Kim JH, Spencer DD, Spencer SS, et al. Imaging findings in hippocampal sclerosis: Correlation with pathology. *AJNR* 1991;12:933-40.
- 9) Jack CR Jr, Sharbrough FW, Twomey CK, Cascino GD, Hirschorn KA, Marsh WR, et al. Temporal lobe seizures: Lateralization with MR volume measurements of hippocampal formation. *Radiology* 1990;175:423-9.
- 10) Lencz T, MaCarthy G, Bronen RA, Scott TM, Insermi JA, Sass KJ, et al. Quantitative magnetic resonance imaging in temporal lobe epilepsy: Relationship to neuropathology and neuropsychological function. *Ann Neurol* 1992;31:629-37.
- 11) King D, Spencer SS, McCarthy G, et al. Bilateral hippocampal atrophy in medial temporal lobe epilepsy. *Epilepsia* 1995;36:905-10
- 12) Jackson GD, Connelly A, Duncan JS, Grunewald RA, Gadian DG. Detection of hippocampal pathology in intractable partial epilepsy: Increased sensitivity with quantitative magnetic resonance T2 relaxometry. *Neurology* 1993;43:1793-9.
- 13) Van Paesschen W, Connelly A, King MD, Jackson GD, Duncan JS. The spectrum of hippocampal sclerosis: a quantitative magnetic resonance imaging study. *Ann Neurol* 1997;41:41-51.
- 14) Van Paesschen W, Connelly A, Duncan JS. The amygdala and intractable temporal lobe epilepsy: a quantitative magnetic resonance imaging study. *Neurology* 1996;47:1021-31.
- 15) Jackson GD, Grunewald RA, Connelly A, Duncan JS. Quantitative MR relaxometry study of effects of vigabatrin on the brains of patients with epilepsy. *Epilepsy Res* 1994;18:127-37.
- 16) Bergin PS, Fish DR, Shorvon DS, Oatridge A, deSouza NM, Bydder GM. Magnetic resonance imaging in partial epilepsy: Additional abnormalities shown with the fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) pulse sequence. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995;58:439-43.