

미숙아의 백질연화증(Periventricular Leukomalacia) : 자기공명영상과 초음파진단의 비교연구

중앙길병원 진단방사선과

양주현 · 이영석 · 박현주 · 차유미 · 김경인 · 김형식

- Abstract -

PVL in Preterm Infants: Correlation of MR & US

Joo Hyun Yang, M.D., Yong Seok Lee, M.D., Hyun Joo Park, M.D., Yu Mi Cha, M.D.
Kyung In Kim, M.D., Hyung Sik Kim, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Chung Ang Gil Hospital

MRI (magnetic resonance imaging) had been the most up-to-dated modality in evaluating white matter disease in recent years, whereas US (ultrasonogram) has been used extensively in diagnosis of neonatal PVL (periventricular leukomalacia) conventionally. We evaluated the diagnostic value of MRI by reviewing the MR findings and correlation of MR and US of PVL in 11 preterm infants. Evaluation criteria were MR signal intensity and discrimination of PVL on each pulse sequences and comparison between MR and US findings performed simultaneously, on the extent of PVL, size of the largest cyst and detectability of hemorrhagic lesion.

MR findings of 11 cases of PVL were of low signal patterns on T1WI (T1weighted image) in 7, low signal patterns on PDWI (proton density weighted image) in 9, iso signal patterns on T2WI (T2weighted image) in 8 and low signal patterns on STIR (short time inversion recovery) in 7 cases.

The lesions of 11 PVL were well discriminated in all 11 cases of T1WI, 7 cases of STIR, 5 case of PDWI and 2 cases of T2WI. The lateral ventricle was diffuse dilated (n=1) and focally dilated (n=3) in atrial area. In the comparative study, MR presented more extensive lesions in 7 cases, larger cysts in 6 cases out of 7 PVL and more definitive hemorrhage in 3 cases out of 4 cases than sonography. In conclusion, MR was more valuable than sonography in evaluating the extent of lesions, size of the largest cystic lesion and detetion of hemorrhage. T1WI and STIR images were more useful in detection of PVL than T2WI and PDWI.

Index Words: Brain, MR studies 10,1214
Leukomalacia, MR studies
Brain, US 10,1298
Newborn, infants, central nervous system

서 론

미숙아에서 저산소증 허혈성 원인으로 뇌실주변부 동맥 경계부위에서 허혈성변화를 초래하는 백질연화증은 양측 마비(diplegia), 사지마비(quadriplegia), 피질성맹(cor-

tical blindness)등 신경발달상의 후유증을 남기게 되고 (1), 뇌실주변부의 백질연화증은 수초(myelin) 형성에도 영향을 주게 된다(12-15). 초음파는 백질연화증의 진단에 있어서 간편하고 경제적이며 추적 검사가 용이하여 널리 이용되어 왔지만(5), 최근 백질질환의 진단에 널리 이용되고 있는 자기공명영상(이하 MRI로 약함)검사로 백

질연화증의 병변의 범위, 동반된 출혈여부, 수초발생 단계를 잘 알 수 있어서 신경학적인 후유증을 예견하고, 초음파로 추적이 어려운 시기에도 검사를 할 수 있어 그 유용성이 강조되어 왔다(6, 12-15). 그러나 국내에서는 백질연화증의 MRI의 소견 및 그 유용성에 대한 보고가 없었다. 이에 저자들은 백질연화증의 MRI 소견을 분석하고, 이를 초음파소견과 비교 분석하여 그 진단적 유용성을 알고자 하였다.

대상 및 방법

중앙길병원에서 91년 4월 7일부터 92년 11월 11일까지 생후 1주일 이내에 시행한 초음파에서 뇌실주위 반향성이 증가된 환자에서 초음파 추적검사상 뇌실주위에 낭성변화

가 생긴 경우, 초음파상 뇌실주위에 지속적으로 반향성이 증가되어 있는 경우, MRI에서 뇌실주위에 비정상적인 신호강도나 백질의 결손을 보인 경우를 백질연화증으로 진단했고, 백질연화증으로 진단된 11명을 대상으로 후향적으로 분석하였으며, 11명 모두 재태기간 36주 이내의 미숙아였고 2500g 이하인 저출생아였다. 성별은 남아 6예, 여아 5예이었고, 검사시기는 월경후기간(postmenstrual age), 33주 1예, 34주 1예, 35주 3예, 36주 2예, 37주 3예, 38주 1예로 모두 38주 이하였고, 생후 43일 이내에 검사했다.

MR은 0.38T(Resonex 4000, USA)로 spin echo 방법을 사용하여, T1강조영상(TR/TE 600-700msec/20-30 msec), PDWI(proton density weighted image)(TR/TE 1800-3000/25-30), T2강조영상(TR/TE 1800-3000/75-80)을 얻었고, STIR(short time inver-

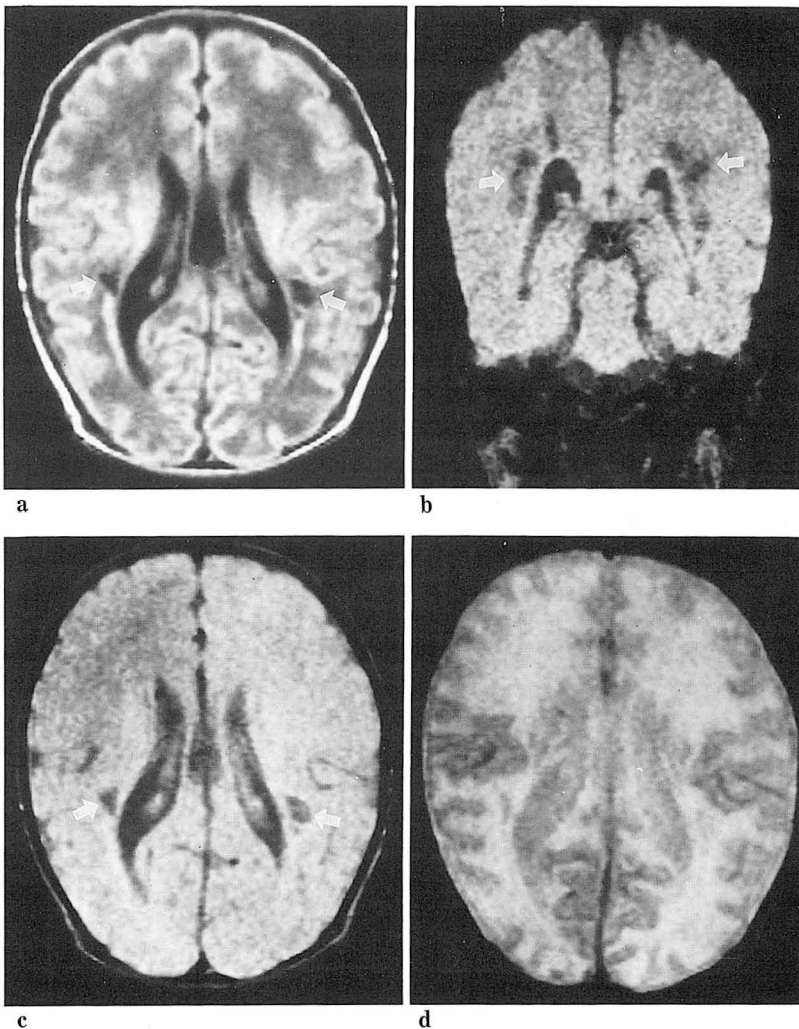


Fig. 1. MR findings of a 17-day-old premature (gestational period of 33 weeks) female on MR pulse sequences

a. T1WI (TR/700msec, TE/30msec) shows low intensity and well discriminated lesions bilaterally, lateral to the lateral ventricle (arrow).

b. STIR (TR/1,500msec, T1/150msec, TE/20msec) image shows also low intensity and well discriminated lesions (arrow).

c. PDWI (TR/3,000msec, T2/25msec) shows low intensity and moderate discriminated lesions (arrow).

d. T2WI (TR/3,000msec, TE/80msec) cannot detect the lesion.

sion recovery)영상을(TR/TI/TE 1500/150/20 msec) 추가했다.

T1강조영상 축상(axial)영상과 시상(sagittal)영상을 시행했고 proton density, T2강조영상은 축상영상을 시행했으며, STIR영상은 관상(coronal)영상을 시행하였다. 2예에서는 뇌실주위 백질의 단면두께(slice thickness)를 6mm보다 치밀한 4mm 단면두께로 T1축상영상을 추가하였다. Matrix number는 192×256으로 하였고, FOV(field of view)는 15-18cm으로 하였다. 진정제로는 chloral hydrate를 80mg/kg로 사용하였다. 초음파 기기는 Aloka SSD-630, Aloka SSD-650, Acuson 128×P/10을 사용하였으며 transducer는 5, 0 MHz와 7.5MHz를 사용하였고, 시상 및 관상촬영을 시행했다. 백질연화증에 대한 MRI의 신호강도는 주위 정상백질과 비교하여 저신호강도, 동일신호강도, 고신호강도로 구분하였고, 백질내 병변의 구별도는 주위 정상백질과 잘 구별이 되었을때, 중등도 구별이 되었을때, 구별이 안될때로 분류하여 유용한 영상방법을 알고자 했다. 병변의 범위는 양측성 여부, 병변의 호발 부위를 분석하였고 두정엽의 병변은 전위부, 중간부위, 후위부를 나누어 분석하였다. 같은 시기에 시행한 초음파와 MRI를 비교하여 병변의 범위, 낭성병변의 크기, 출혈병변의 진단여부를 비교 분석하였다.

결 과

MRI의 각 영상에 따른 신호강도는 T1강조영상에서 7

예에서 저신호강도를, 2예에서 고신호강도를 보였는데, 이 2예는 뇌실주변부에 출혈성경색을 보인 경우였고, 2예는 낭성병변과 출혈성병변이 같이 있어서 혼합된 신호강도를 보였다. STIR영상에서는 저신호강도를 보인 경우가 7예, 동일신호강도를 보인 경우가 2예였으며, T2강조영상에서는 동일신호강도를 보인 경우가 8예였고 저신호강도를 보인 경우가 2예였다(Table 1). 출혈을 동반했던 4예중 2예는 출혈성경색이었고, 2예는 낭성병변과 출혈성병변이 같이 있던 경우였다. 출혈성병변과 낭성병변이 동반된 2예에서 낭성병변은 T1강조영상과 STIR영상에서 모두 저신호강도를 보였으나 출혈성 병변은 STIR영상과 T2영상에서 동일신호강도를 보였고, T1강조영상에서는 고신호강도를 보여서 병변을 아는데 T1강조영상이 유용

Table 1. Signal Intensity of PVL on MR Pulse Sequences

Pulse sequence \ Signal Intensity	T1WI	PDWI	T2WI	STIR
Low	7	9	2	7
Iso	0	1	8	2
High	2	0	0	0
Mixed	2	1	1	2

Note PVL-periventricular leukomalacia

T1WI-T1weighted image

T2WI-T2weighted image

PDWI-proton density weighted image

STIR-short time inversion recovery

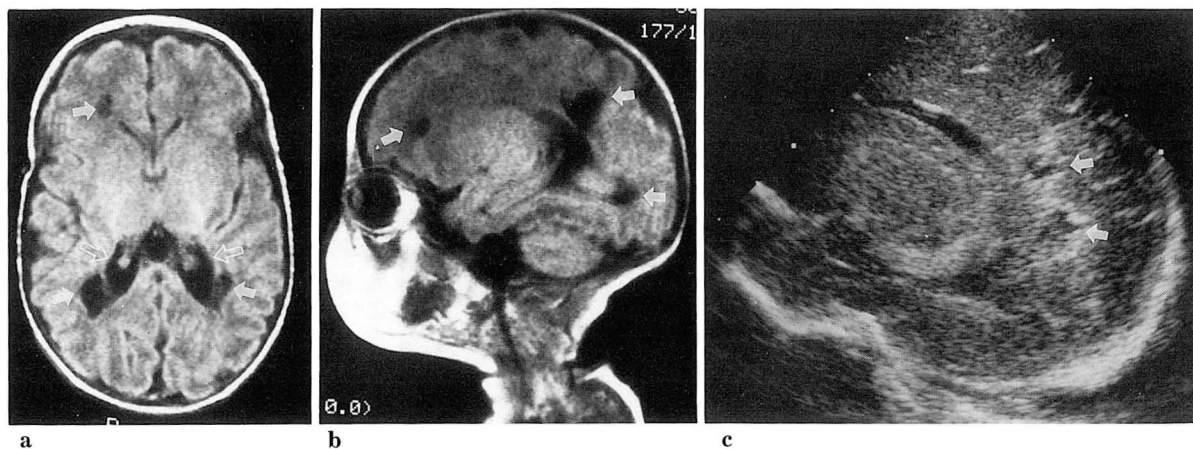


Fig. 2. MR & US findings of a 37-day-old premature (gestational period of 31+6 weeks female)
a. T1 weighted axial image (TR/700msec, TE/30msec) shows PVL in right frontal & both parietal area (arrow) and focal atrial dilatation of lateral ventricle (open arrow).
b. T1 weighted sagittal image shows PVL in right frontal and parieto-occipital area (arrow).
c. US sagittal scan shows parieto-occipital lesions (arrow), but no definite frontal lesion.

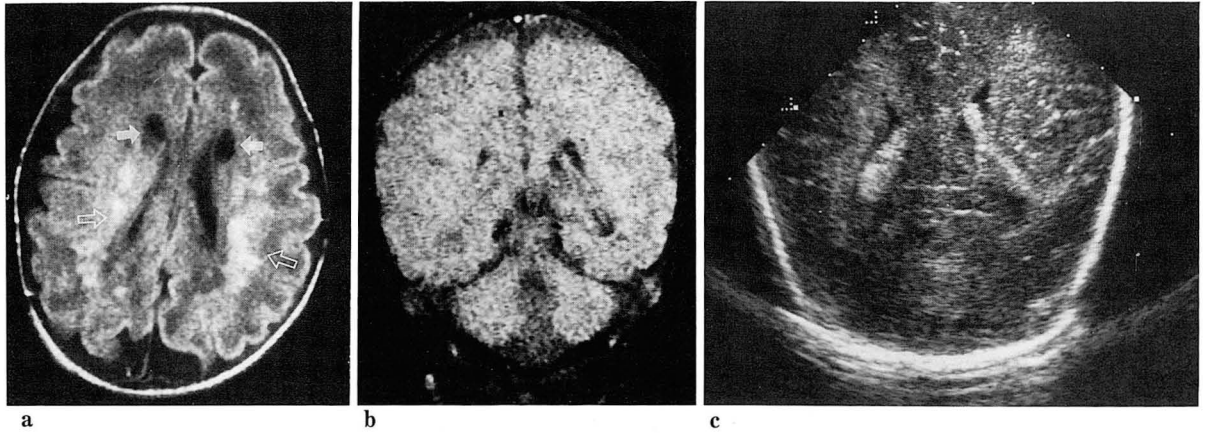


Fig. 3. MR & US findings of a 6-day-old premature (gestational period of 33+3 weeks) female with hemorrhagic lesion

a. T1WI (TR/700msec, TE/30msec) shows low intensity (arrow) and high intensity (hemorrhage, open arrow) lesions at periventricular white matter.

b. STIR image cannot define hemorrhage due to isosignal intensity of the lesion.

c. In US cannot also detect the hemorrhagic lesion.

Table 2. Discrimination of PVL on MR Pulse Sequences

Pulse sequence Discrimination	T1WI	PDWI	T2WI	STIR
Well	11	5	2	7
Moderate	0	4	0	2
Poor	0	2	9	2

Note PVL-periventricular leukomalacia

T1WI-T1weighted image

T2WI-T2weighted image

PDWI-proton density weighted image

STIR-short time inversion recovery

했다. 백질내 병변의 구별도는 T1강조영상에서 11예 모두 잘 구별되었고, STIR영상에서는 7예, 그리고 T2강조영상에서는 2예에서 병변이 잘 구별되었다(Table 2). STIR영상에서 병변이 잘 구별된 경우는 모두 4예 있었는데, 이는 모두 출혈이 동반된 경우였다. 1예에서 미만성 측뇌실 확장이 있었고 3예에서는 측뇌실의 삼각부위만 확장되었다. 4mm 단면두께로 T1강조영상영상을 시행하였던 2예중 1예에서는 6mm 단면두께 T1강조영상보다 병변이 더 잘 보였다. 병변이 일측성을 보인 예는 1예가 있었고 나머지는 모두 양측성이었다. 측뇌실삼각부(trigone)에 병변이 있었던 경우가 MRI에서 10예, 초음파에서 9예로 가장 많았다. MRI와 초음파소견을 비교하면 백질내 병변의 범위는 7예에서 초음파 보다 MRI에서

더 넓었으며(Table 3), 가장 큰 낭포의 크기를 측정한 7예중 1예에서 1.2cm으로 MRI와 초음파에서 같았고 6예에서는 MRI에서 더 크게 보였다. 4예에서는 초음파검사상 낭포의 크기를 잘 알 수 없었다. 출혈이 동반된 4예중 3예에서 MRI가 초음파보다 출혈의 진단 및 범위를 아는 데 정확하였다(Table 3).

고 찰

백질연화증은 주로 미숙아와 저출생아에서 잘 발생하며 초기에는 경련, 정신상태 이상, 하지 쇠약등 비특이적인 신경학적인 이상을 보이다가 양측마비, 사지마비, 피질성 맹 등 심각한 신경학적 후유증을 남기게 된다(1). 백질연화증의 유발인자는 태반이상과 미숙아를 들 수 있는데 미숙아에서는 혈류와 산소공급에 이상을 초래하여 전위, 중간부위, 후위부 뇌동맥 경계부위인 뇌실주변부 백질에 관류저하로 잘 생긴다(2,3).

Takashima와 Tanaka등은 미숙아와 심한 심기관지계 합병증은 뇌실주위의 혈관들의 구조적인 배열에 영향을 준다 하였고, 뇌실벽에서 3-10mm 떨어진 곳에 ventriculopedal vessel과 ventriculofugal vessel사이의 경계부위인 뇌실주변부 백질에 관류저하(hypoperfusion)로 백질연화증이 잘 온다 하였다(4). 백질연화증의 병리적변화는 초기에 응고괴사가 오고, 5-7일에는 대식세포의 활동이 시작되며, 3-4주 경에는 낭포를 형성하

Table 3. MR-US Correlation of PVL in Preterm Infants

Modality Cases	Extent of the lesion		Hemorrhage Detection	
	MRI	USG	MR	USG
1	BT PARIETAL (AMP)	LT PARIETAL (MP) RT PARIETAL (M)		
2	BT O-P (AMP) RT FRONTAL	RT O-P (P) LT O-P (M)		
3	RT PARIETAL (AMP) LT F-P (AMT)	RT MIDPARIETAL	>	
4	RT MIDPARIETAL	RT MIDPARIETAL		
5	BT F-P-O (AMP)	BT P-O (MP)		
6	BT PARIETAL (AMP)	BT PARIETAL (MP)		
7	BT F-P (AMP)	BT F-P (AMP)		
8	BT PARIETAL (AMP)	BT PARIETAL (AMP)	>	
9	RT P-O (AMP) LT F-P-O (AMP)	BT P-O (MP)	=	
10	BT PARIETAL (AMP)	BT PARIETAL (AMP)		
11	BT PARIETAL (AMP)	LT PARIETAL (MP)	>	

Note

BT-both, F-P-O-frontoparietooccipital, F-P-frontoparietal, P-O-parietooccipital
 A-anterior, M-middle, P-posterior
 PVL-periventricular leukomalacia

고, 수개월 후에 흡수된다(5). Chow 등은 백질연화증에 대한 초음파소견이 초기에는 정상상을 보이고, 2주 후에는 허혈과 출혈에 의하여 높은 반향성을, 3주 후에는 낭포를 형성한다 하였고(1), Keeney등은 백질연화증의 MRI단계를 출혈이 있는 시기, 낭포를 형성하는 시기, 낭포가 흡수되는 시기로 나누어 설명하였고, 출혈이 정상화되는 시기는 MRI로 잘 알 수 없었는데 이는 출혈이 MRI에서 초음파보다 오랫동안 보였기 때문이라 하였다(6). 백질연화증의 MRI소견은 뇌실주변부 백질에 비정상적인 신호강도를 보이고, 병변주변부 뇌실의 확장 소견과, 백질에 조직결손을 들 수 있다(7). 병변은 T2강조영상과 STIR 영상에서 고신호강도를 보여서 도움이 되었다는 보고와는 달리(7-9) 저자들의 연구에서는 검사시기가 수초형성이 완성이 안된 시기이어서 T2강조영상에서는 병변과 백질이 모두 고신호강도를 보여서 도움이 되지 않았고, T1강조영상에서 병변이 백질보다 저신호강도를 보였고, STIR영상은 백질이 고신호강도를 보이고, 병변은 저신호강도를 보여서 도움이 되었다(Fig. 1). 병변의 위치는 측뇌실삼각부위와 전두엽의 뇌실주변부 백질에 양측성으로 오는 경우가 많은데(7), 저자들의 연구에서도 측뇌실삼각부위 두정엽부위에서 양측성으로 오는 경우가 많았다.

Keeney등은 MRI가 초음파에 비하여 병변의 크기나 위치를 아는데 좋은 검사라고 하였고 초음파 검사는 대천문의 가장자리의 병변은 잘 알 수 없다고 하였다(6). 저자들의 연구에서도 MRI가 병변의 크기나 위치를 아는데 좋은 검사였고, 초음파는 한계가 있어 두정엽의 전위부병변과 전두엽의 병변 등 초음파 영상의 가장자리 부위나 扇型스캔의 바깥부위의 병변은 잘 알 수 없었다(Fig. 2). 또한 MRI는 동반된출혈의 발견에 민감한데, Schellinger 등은 초음파로는 출혈성 여부를 알기 힘들다고 하였고(10), McArdle등도 초음파는 출혈과 경색 모두에서 반향성이 증가 되므로 출생 수일후의 출혈을 아는 좋은 방법은 MRI라 하였다(11).

저자들의 연구에서도 출혈이 있을때 초음파에서는 비특이성의 반향을 보였지만, MRI에서 더 특징적인 신호강도를 나타내어서 MRI로 더 정확한 진단을 할 수 있었고, 검사 방법중 T1강조영상이 출혈이 있을때 가장 유용했다(Fig. 3). 그외 MRI는 수초발생 단계를 알아서 신경발달상의 후유증의 회복을 예측할 수 있는데(12-15), 저자들의 연구에 있어서는 검사시기가 각각 달라서 비교를 할 수 없었는데 전향적인 검사와 신경학적인 추적검사가 필요할 것으로 사료된다. 결론적으로 MRI는 낭성 백질연화증의 진단에 있어서 T1강조영상과 STIR영상이 유

용했으며 MRI가 초음파에 비해 병변의 범위와 낭포의 크기, 동반된 출혈여부를 아는데 있어서 더 유용한 검사로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Chow PP, Horgan JG, Taylor KJW. Neonatal Periventricular Leukomalacia: Real-Time Sonographic Diagnosis with CT Correlation AJNR 1985; 6:383-388
2. Bowerman RA, Donn SM, Dipietro MA, D'Amato CJ, Hicks SP, Periventricular Leukomalacia in the Pre-term Newborn Infant: Sonographic and Clinical Features. Radiology 1984; 151: 383-388
3. Dietrich RB, Bradley WG, Jr. Iron Accumulation in the Basal Ganglia Following Severe Ischemic-Anoxic Insults in children. Radiology 1988; 168: 203-206
4. Takashima S, Tanaka K. Development of cerebrovascular architecture and its relationship to periventricular leukomalacia. Arch Neurol 1978; 35:11-16
5. Wilson DA, Steiner RE. Periventricular Leukomalacia: Evaluation with MR Imaging. Radiology 1986; 160:507-511
6. Keeney SE, Adcock EW, McArdle CB. Prospective Observation of 100 High-Risk Neonates by High-Field (1.5 Tesla) Magnetic Resonance Imaging of the Central Nervous System II. Lesions Associated With Hypoxic-Ischemic Encephalopathy. J Pediatr 1991; 431-438
7. Baker LL, Stevenson DK, Enzmann DR. End-Stage Periventricular Leukomalacia: MR Evaluation. Radiology 1988; 168:809-815
8. Flodmark O, Lupton B, Li D, et al. MR Imaging of Periventricular Leukomalacia in Childhood. AJNR 1989; 10:111-118
9. De Vries LS, Dubowitz LMS, Pennock JM, Bydder GM. Extensive Cystic Leucomalacia: Correlation of Cranial Ultrasound, Magnetic Resonance Imaging and Clinical Findings in Sequential Studies. Clin Radiol 1989; 40:158-166
10. Schellinger D, Grant EG, Richardson JD. Cystic Periventricular Leukomalacia: Sonographic and CT Findings AJNR 1984; 5:439-445
11. McArdle CB, Richardson CJ, Hayden CK, Nicholas DA, Crofford MJ, Amparo EG. Abnormalities of the Neonatal Brain: MR Imaging: Part I. Intracranial Hemorrhage. Radiology 1987; 163: 387-394
12. Guit GL, de Bor MV, Ouden LD, Wondergem JHM. Prediction of Neurodevelopmental Outcome in the Preterm Infant: MR-staged Myelination Compared with Cranial US. Radiology 1990; 175:107-109
13. De Bor MV, Guit GL, Schreuder AM, Wondergem J, Vielvoye GJ. Early Detection of Delayed Myelination in Preterm infants. J Pediatr 1989; 84:407-411
14. Johnson MA, Pennock JM, Bydder GM, Dubowitz LMS, Thomas DJ, Young IR. Serial MR Imaging in Neonatal Cerebral Injury. AJNR 1987; 8:83-92
15. McArdle CN, Richardson CJ, Nicholas DA, Mirfakhraee M, Hayden CK, Amparo EG, M.D. Developmental Features of the Neonatal Brain: MR Imaging: Part I. Gray-White Matter Differentiation and Myelination. Radiology 1987; 162:223-229