

초기 백질연화증: 생후 첫 1개월 내 자기공명영상과 초음파 소견의 비교¹

김희곤 · 이화성 · 박지영 · 김상호 · 권용화 · 우정주 · 홍주희 · 오윤진 · 강숙옥 · 김순용 · 김은령²

목적 : 초기 백질연화증의 MR 영상과 초음파의 소견을 비교 분석 하고자 하였다.

대상 및 방법 : 초음파에서 측뇌실주위에 증가된 에코를 보이고 MR 영상을 시행한 신생아 17례와, 같은 기간 내에 시행한 MR 영상에서 초음파에서는 의심하지 못했던 백질연화증을 보인 1례를 포함하여 18례를 대상으로 하였다. 초음파검사는 생후 6일 이내에 시행하였고 1주 내지 1개월 간격으로 추적 검사를 하였으며 MR 영상은 생후 1개월 내에 시행하였다.

결 과 : 초기 초음파상 저명하고 균등하며 비교적 경계가 지워지는 측뇌실주위 고에코를 보인 17례 중 MR 영상에서 병변을 보인 것은 12례였다. 이 12례의 초음파 추적 검사상 2례는 낭포 형성을 보였고 나머지 10례 중 3례는 비균등한 고에코로 바뀌었고, 7례는 균등한 에코를 보이다가 모두 정상화되었다. MR 영상에서 병변을 보이지 않은 5례도 초음파 추적 검사에서는 정상 소견을 보였다. MR T1-강조영상에서 백질연화증의 소견은 13례 중 11례에서 측뇌실주위 백질에 다발성의 고신호강도 반점들로 보였고 2례에서는 주로 저신호강도의 병변으로 보였다. 병변은 T1-강조영상에서 T2-강조영상보다 더 잘 보였다.

결 론 : 초기 백질연화증의 MR 영상 소견은 T1-강조영상에서 다발성의 고신호강도 또는 저신호강도의 반점들로 나타나는 것이 특징적인 소견으로 고신호강도로 보이는 경우가 더 많았으며, 낭포 형성을 하지 않는 초기 백질연화증의 진단에 있어 MR 영상이 초음파보다 더 객관적인 검사이다.

서 론

백질연화증은 주로 미숙아에서 나타나는 주산기 저산소성 허혈성 뇌증으로 양측마비, 사지마비, 피질성 맹(cortical blindness), 난청과 정신 지체 등의 신경학적 후유증을 초래할 수 있다 (1, 2). 백질연화증의 진단에는 간편하고 경제적인 초음파가 가장 많이 이용되고 있으며, 초음파 검사상 초기에 측뇌실주위 백질의 고에코 (hyperechogenicity)와 3-4주경에 낭포성 변화를 보이면 확실히 진단할 수 있다. 그러나 낭포성 변화를 하지 않는 비교적 경도의 백질연화증은 단지 측뇌실주위 고에코로만 나타나며 이 경우 정상적으로 신생아의 측뇌실 주위 백질부에 있는 다양한 정도의 고에코나 일시적 뇌부종 등과의 감별이 어려워 초음파만으로는 정확히 진단하기 어렵다 (3, 4, 5, 6). 최근에 자기공명 (Magnetic resonance : MR)영상이 백질 병변의 진단에 예민하고 동반된 출혈 여부와 수초화 정도를 잘

볼 수 있으므로 초기 백질연화증의 진단에도 유용하다는 보고가 있다(1, 7, 8). 이에 저자들은 신생아에서 생후 1개월 내에 시행한 초음파에서 백질연화증의 가능성이 있는 경우 MR 영상을 시행하여 MR 영상을 기준으로 백질연화증을 진단하고 초음파와 MR 영상의 소견을 비교하여 보고자 하였다.

대상 및 방법

1995년 4월부터 5월까지, 11월부터 12월 까지 4개월 동안에 두부 초음파를 실시한 185명의 신생아 중 측뇌실주위 고에코를 보여 MR 영상을 시행하였던 환자 17명과 같은 기간 내에 시행한 MR 영상에서 초음파에서 의심하지 못했던 측뇌실주위 병변을 보인 1명을 대상으로 하였다. 초음파 검사는 생후 6일 이내에 시행하였고 1주 내지 1개월 간격으로 추적 검사를 하였으며 MR 영상은 생후 2주 내 11명, 1개월 내 7명 시행하였고 2례에서 각각 1회, 2회 추적 검사를 하였다. 초음파에서는 측뇌실주위에 환자의 나이에 비해 저명하고 균등하며 비교적 경계가 지워지는 고에코를 보이고 저에코의 낭포는 없는 경우를 낭포성 변화를 하지 않은 백질연화증의 가능성이 있는 경우로 하

¹성애병원 진단방사선과

²성애병원 소아과

이 논문은 1996년 2월 26일 접수하여 1996년 11월 20일에 채택되었음.

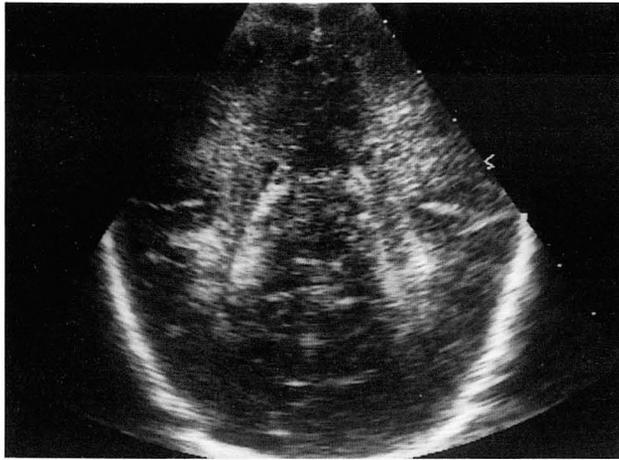
고, 추적 검사에서 비균등한 에코로 혹은 정상 에코로의 변화 및 저에코의 소낭포 형성 유무를 관찰하였다. MR 영상에서 백

질연화증의 진단은 뇌실주위 백질부에 출혈성 또는 낭포성 병변을 포함한 고신호강도 또는 저신호강도를 보인 경우로 하고

Table 1. Summary of US and MR imaging findings of PVL

Case No	US echo pattern(day)	MR imaging T1 signal (day)/Location
1	Ho(6)-Cy(15)	L(19) both frontal, parietal
2	N(2)	H(4)-D(21)-N(112) both parietal
3	Ho(3)-N(10)	H(10) left parietal
4	Ho(3)-He(10)-N(21)	H(12) both parietal
5	Ho(6)-N(29)	H(8) both frontal, parietal
6	Ho(4)-He(18)-N(49)	H(7) both frontal, parietal
7	Ho(4)-N(26)	H(6) both frontal, parietal
8	Ho(5)-He(26)-N(89)	L(27) both frontal, parietal
9	Ho(3)-N(29)	H(16) both parietal
10	Ho(4)-N(41)	H(7) both frontal, parietal
11	Ho(4)-N(39)	H(14)-D(29) both frontal, parietal
12	Ho(5)-He(13)-Cy(22)	H(9) both frontal, parietal
13	Ho(4)-N(36)	H(8) both parietal

day : age of neonate, Ho : homogeneously increased periventricular echogenicity, He : heterogeneously increased periventricular echogenicity, Cy : cysts formation, N: normal periventricular echogenicity or signal intensity, L: low periventricular signal intensity, H: high periventricular signal intensity, D: decreased high signal intensity



A



B



C

Fig. 1. case 12.

A. Coronal sonogram at the age of 5 days shows homogeneously increased periventricular echogenicities.

B. Semicoronal T1-weighted image at the age of 9 days shows multifocal hyperintense lesions in both frontal and parietal periventricular white matter.

C. Follow up sonogram at the age of 22 days shows small cystic foci in both parietal periventricular white matter.

(1, 9) 초음파에서 보인 병변이 MR 영상에서 병변으로 보이는 지 또, 그 병변의 신호 강도 및 호발 부위를 관찰하였다. MR T1-강조영상에서 대뇌 피질보다 높은 신호 강도의 병변은 출혈로 간주하였다 (1).

18명의 환아는 재태 기간이 29⁺⁵주에서 39주로, 평균 33.8주였고, 출생시 몸무게는 1.55kg에서 3.3kg까지로 평균 2.15kg이었다. 성별은 남아 7명이었고 여아 11명이었다. MR 영상에서 뇌실 주위 병변을 보인 13예 중 신생아 호흡곤란 증후군이 8예 있었으며 2예에서 경련이 있었는데 각각 신생아 가사, 신생아 경련이었고, 태변 흡입 증후군이 1예 있었다. MR 영상에서 정상이었던 5예 중 신생아 호흡곤란 증후군이 4예 있었으며 태변 흡입 증후군이 1예 있었다.

MR 영상은 0.5 Tesla SMT-50A (Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 T1-강조영상 (TR/TE 500/25)과 T2-강조영상 (TR/TE 4500/95)을 14명에서 얻었고 4예에서는 T1-강조영상 (TR/TE 500/25 또는 600/25)만 얻었다.

초음파기기는 Apogee RX 400(Interspec, Ambler, USA)를 사용하였으며 4.0-7.5MHz 구형 탐촉자를 사용하여 관상 및 시상 영상을 얻었다.

결 과

초기 초음파 검사상 저명하고 균등하며 비교적 경계가 지워지는 측뇌실주위 코에코를 보인 17예의 미숙아 중 12예에서

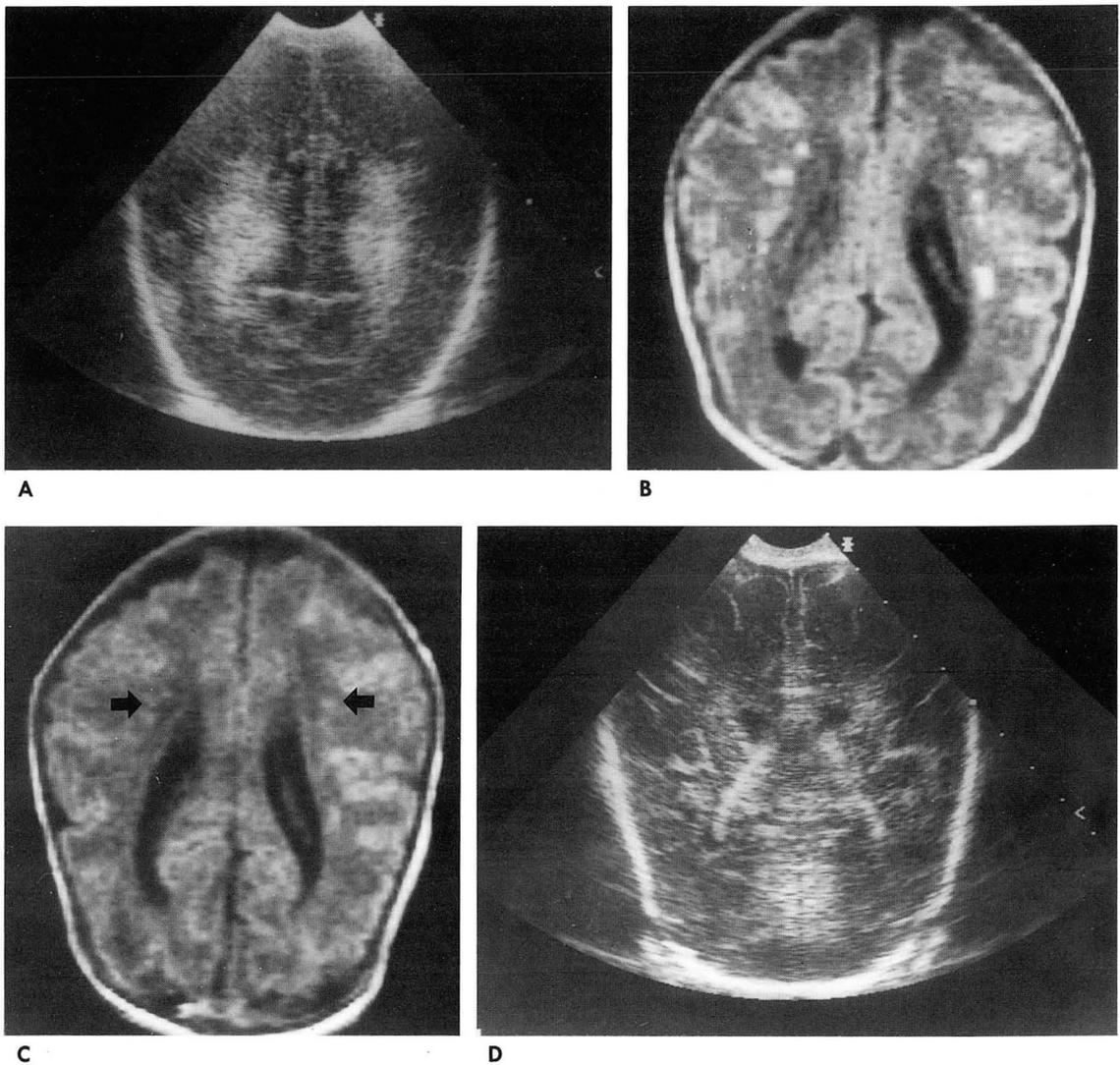


Fig. 2. case 11.

- A. Coronal sonogram at the age of 4 days shows homogeneously increased periventricular echogenicities.
- B. Semicoronal T1-weighted image at the age of 14 days shows multiple high signal lesions in both frontal and parietal white matter.
- C. Follow up T1-weighted image at the age of 29 days. Previously noted high signal lesions are indistinct and inhomogeneous ill-defined high and low signal lesions (arrows) are noted.
- D. Follow up sonogram at the age of 39 days shows normalized periventricular echogenicities.

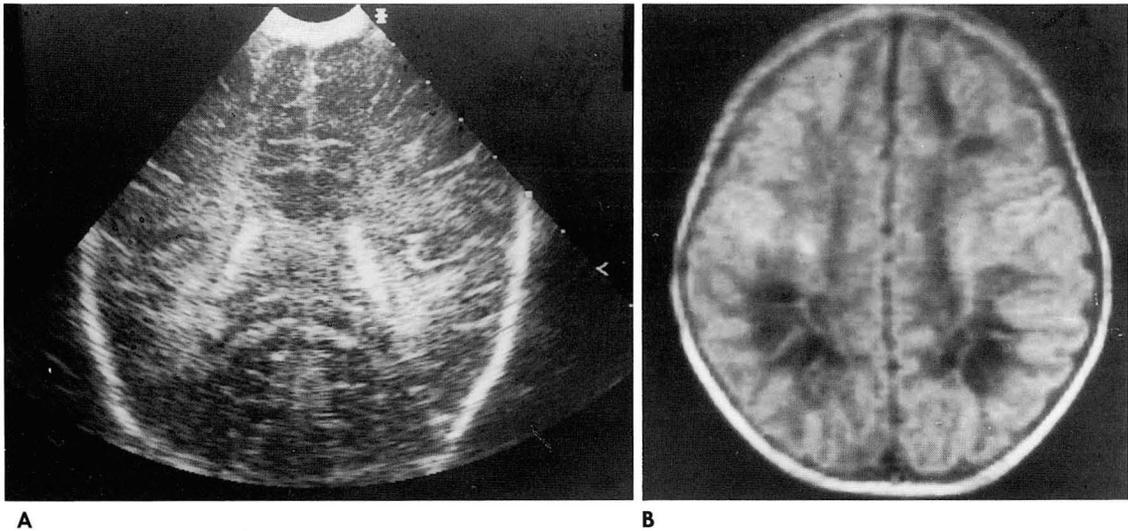


Fig. 3. case 1.

A. Coronal sonogram at the age of 6 days shows homogeneously increased periventricular echogenicities.
B. Axial T1-weighted images at the age of 19 days shows multiple hypointense cystic foci in both frontal and parietal periventricular white matter. Associated hemorrhagic focus is seen as a high signal dot on the right parietal white matter.

MR 영상에서 병변을 보였다. 이 12예의 초음파 추적 검사 중 2예에서 낭포 형성을 보였고 나머지 10예 중 3예는 비균등한 고에코를 보였고, 7예는 균등한 고에코를 보이다가 점차 정상화되었다. 추가된 1예는 경막하출혈이 있던 환자로 초음파에서는 의심하지 못했으나 MR 영상에서 측뇌실 삼각주위에 병변이 관찰되었다.

13예의 MR 영상에서 백질연화증의 소견은 T1-강조영상에서 측뇌실주위 백질부에 다발성 고신호강도의 반점들을 보인 경우가 가장 많아 11예였고 (Fig. 1, 2), 나머지 2예에서는 주로 다발성 저신호강도의 낭포성 병변을 보였다 (Fig. 3) (Table 1).

13예 중 무작위로 9예에서 T2-강조영상을 얻었으며, T1-강조영상에서 보였던 반점상의 고신호강도 병변은 뇌피질과 비슷하게 낮은 신호 강도로 측뇌실 주위에서 보였으나 T1-강조영상보다 불분명하게 관찰되었고, T1-강조영상에서 저신호강도로 보인 낭포성 병변도 T2-강조영상에서는 수초화되지 않은 정상적인 주위 백질의 높은 신호강도와 구분하기 어려웠다.

2예에서 MR 영상 추적 검사를 하였는데 case 2는 생후 4일에 시행한 MR T1-강조영상에서 양측 두정엽에서 보였던 반점상의 고신호강도 병변이 생후 21일에 감소되었고 이후 112일에 시행한 MR 영상에서는 병변이 소실되었다. Case 11은 생후 14일에 시행한 MR T1-강조영상에서 양측 전두엽 및 두정엽에서 뇌피질보다 높은 신호강도로 보였던 병변이 생후 29일에 뇌피질과 유사한 고신호강도와 불분명한 저신호강도가 섞여있는 소견으로 관찰되었다 (Fig. 2).

전례의 초음파 추적 검사 중 2예에서 낭포성 백질연화증으로 진행되었다. 이 중 case 1은 생후 6일의 초음파에서는 균등한 고에코로만 보였으나 생후 15일에 시행한 초음파에서 미세한 소낭포가 양측 전두엽에서 보였고 생후 19일의 MR T1-강조

영상에서는 양측 전두엽 및 두정엽에서 저신호강도의 경계가 뚜렷한 낭포로 관찰되었다 (Fig. 3). 또 case 12에서는 생후 5일의 초음파에서는 균등한 고에코를 보이고 생후 9일에 시행한 MR T1-강조영상에서는 다발성의 고신호강도 반점들로만 보였으나 생후 22일의 초음파에서 낭포를 보였다 (Fig. 1). 그 외 11예에서는 추적 초음파에서 측뇌실 주위 고에코가 감소되고 점차 소실되는 소견을 보였다.

MR 영상에서 이상이 없어 초기 초음파에서 보인 측뇌실 주위 고에코가 위양성으로 생각된 5예는 모두 초음파 추적 검사에서는 정상 에코 소견을 보였다.

고 찰

백질연화증은 주로 미숙아에서 뇌실주위 혈관 경계 부위에 생기는 허혈성 병변으로 전, 중, 후대뇌동맥 경계 부위인 측뇌실 삼각 부위와 Monro공 근처 심부 백질부에 가장 많이 생기며, 심부 백질에서도 ventriculopedal 혈관과 ventriculofugal 혈관 사이의 경계 부위인 뇌실벽에서 3-10mm 떨어진 곳에 잘 생긴다 (2, 5, 8, 10, 11).

백질연화증의 병리학적 변화는 초기 응고 괴사, 1-2주 후 대식 세포 활동의 시작, 3-4주경 낭포 형성 그리고 수 개월 후 낭포가 흡수 되고 백질이 얇아지며 신경교증이 생긴다. 이런 소견들이 초음파에서는 초기 에코의 증가, 비교적 정상적인 에코로 변화, 낭포가 보이는 소견 그리고 뇌실 확장과 저명한 뇌구의 소견으로 각각 보이게 된다 (2, 5, 7, 9, 11). 그러나 모든 예가 낭포성 변화를 하지는 않으며 Armstrong 등(12)에 의하면 28예 중 13예에서 현미경적으로만 백질연화증을 진단할 수 있었고 낭포의 크기도 미세 낭포에서부터 1cm 이상의 크기까지 다양하다 하였다. 또한 초음파 소견에 따라 grade를 나누어

grade 1은 7일 이상 측뇌실 주위 초음파 에코의 증가, grade 2는 전두엽에 작고 국소적인 낭포 형성, grade 3는 후두엽, 전두엽에 심한 낭포 형성으로 나누기도 한다 (14). 본 연구에서는 초음파 검사상 뇌실주위 병변이 MR 영상에서도 확인된 13예 중 2예에서만 낭포 형성을 관찰할 수 있었고 나머지는 주로 측뇌실주위 고에코로만 관찰되었다. 그러나 정상적으로 측뇌실 주위는 초음파에서 고에코를 보일 수 있고 임신 주수가 낮을수록 그 범위가 넓고 에코가 높다 하며 뇌 손상을 초래하지 않는 일시적인 뇌 부종도 증가된 에코로 나타날 수 있어 초음파로 낭포성 변화를 하지 않은 백질연화증을 정확히 진단하기는 어렵고 위양성 및 위음성율이 높다 (3, 4, 5, 6, 13). 본 연구에서도 초음파에서 측뇌실주위 고에코를 보인 17예 중 MR 영상에서 12예만 병변이 관찰되었고, 1예는 MR 영상에서 경도의 병변으로 보였고 초음파에서는 진단하기 어려웠다.

MR 영상은 백질 병변의 진단에 예민하고 सू초화 정도 및 동반된 출혈 여부를 잘 볼 수 있어 백질연화증 진단에 많이 사용되고 있으며 말기뿐 아니라 초기 병변의 진단에도 유용하다는 최근 몇개의 보고들이 있다 (1, 7, 8). Claves 등(1)은 생후 2개월 내에 시행한 백질연화증의 MR 영상과 부검 상관 연구에서 MR 영상이 백질연화증을 정확하게 진단하고 평가할 수 있다 하였으며, T1-강조영상에서의 소견을 4가지 유형으로 분류하였다. A형은 뇌척수액과 비슷한 정도의 낮은 신호, B형은 중등도의 낮은 신호, C형은 대뇌 피질보다 높은 아주 증가된 신호, D형은 대뇌 피질과 유사하거나 낮은 중등도로 증가된 신호로써 각각의 조직 소견은 낭포, 세포 반응이 적은 반투명대, 출혈성의 낭포 그리고 सू초 형성과 신경교증이 있는 세포과밀대에 해당한다 한다. 본 연구에서는 생후 1개월 내의 초기 백질연화증의 소견으로 T1-강조영상에서 C형에 해당하는 고신호강도 반점들로 나타난 경우가 가장 많아 13예 중 11예였으며, 낭포성 병변이 주된 1예에서도 C형 병변을 동반하여 Claves 등(1)의 8예 중 5예보다 출혈성 병변의 동반 비율이 높았다. 이는 Keeney 등(9)이 12예 전부터 초기 출혈 성분을 보였다고 한 결과와 유사하다. 또한 case 2, case 11의 경우 생후 21일, 29일에 시행한 MR 영상 추적 검사에서 이전에 C형으로 보였던 병변이 희미해져서 D형으로 보이거나 병변 자체가 보이지 않게 되었으므로 C형 병변을 보이지 않았던 case 8의 MR 영상이 생후 27일에 시행되었음을 감안하면 동반된 출혈의 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 MR 영상에서 출혈 동반 유무의 진단은 그 검사 시기와 밀접한 관련이 있으며 Keeney 등(9)이 1-6주 사이의 출혈성 백질연화증, 4-8주 사이의 낭포성 백질연화증으로 구분한 것과 일치한다. Keeney 등(9)과 저자들의 연구에서 출혈의 빈도는 부검을 시행하여 비교한 보고들 (1, 12)보다 높게 나타났는데 그 이유로는 현미경적인 출혈을 부검상 발견하지 못했거나, T1-강조영상에서 피질보다 높은 신호로 나타나는 병변이 출혈이 아닌 지방담석 비만세포 등 다른 이유에 의하거나(1, 15), 또는 출혈을 동반하지 않은 병변을 MR 영상으로 발견하지 못하였을 가능성 등이 있겠으나, 부검 소견과 비교할 수 없었으므로 확실히 알 수는 없다. MR 영상에서 낭포 형성은 13예 중 2예로 다른 보고들에 비하여 낮은 빈도를

보였는데 이는 본 연구에서는 초음파 검사에서 확실히 진단할 수 없는 정도의 병변들을 가진 환자가 대부분이었기 때문일 것이며 이는 MR 영상이 경도의 초기 백질연화증 진단에도 아주 예민한 검사임을 의미한다.

또한 Claves 등(1)은 T1-강조영상이 백질연화증의 낭포성 병변을 보는데 유용하다 하였으며 양 등(8)도 T1-강조영상이 출혈이 있는 백질연화증에 가장 유용하다 하였는데, 본 연구에서도 뇌실주위 병변이 T1-강조영상에서 T2-강조영상보다 분명하고 뚜렷하게 보였다.

본 연구는 신경학적 후유증 유무 등 임상적인 연관을 시키지 않았으므로 낭포 형성을 하지않은 백질연화증의 임상적 의의는 알 수 없었다. 그러나 Goldstein 등(13)은 신경학적 후유증을 가진 환자의 12%에서 초기 초음파 소견이 정상이었다 하였고 따라서 백질연화증의 신경학적 예후를 예견하는데 MR 영상이 더 좋은 기초 자료가 될 것으로 생각된다.

결론적으로 초기 백질연화증의 MR 영상 소견은 T1-강조영상에서 다발성 고신호강도 또는 저신호강도의 반점상으로 나타나는 것이 특징적인 소견이며 다발성 고신호강도, 즉 출혈성 병변의 빈도가 더 많으며, MR 영상은 낭포성 변화를 보이지 않는 초기 백질연화증의 진단에 초음파보다 더 객관적인 검사이다.

참 고 문 헌

1. Claves ES, Henry-Feugas MC, Roset F, et al. Periventricular leukomalacia: Correlation between MR imaging and autopsy findings during the first 2 months of life. *Radiology* 1993; 189: 59-64
2. Wilson DA, Steiner RE. Periventricular leukomalacia: Evaluation with MR imaging. *Radiology* 1986; 160: 507-511
3. 한부경, 유시준, 구홍희, 최혜영. 신생아의 정상 뇌실주위 초음파 고반향음영: 최종 월경 후 주수로 환산한 연령별 차이에 대한 연구. *대한초음파의학회지* 1994; 13: 47-52
4. Babcock DS. Sonography of the brain in infants: Role in evaluating neurologic abnormalities. *AJR* 1995; 165: 417-423
5. Bowerman RA, Donn SM, DiPietro MA, D'Amato CJ, Hicks SP. Periventricular leukomalacia in pre-term newborn infant: Sonographic and clinical features. *Radiology* 1984; 151: 383-388
6. Baarsma R, Laurini RN, Baerts W, Okken A. Reliability of sonography in non-hemorrhagic periventricular leukomalacia. *Pediatr Radiol* 1987; 17: 189-191
7. Baker LL, Stevenson DK, Enzmann DR. End-stage periventricular leukomalacia: MR evaluation. *Radiology* 1988; 168: 809-815
8. 양주현, 이영석, 박현주, 차유미, 김경인, 김형석. 미숙아의 백질연화증: 자기공명영상과 초음파 진단의 비교연구. *대한방사선의학회지* 1993; 29(6): 1300-1305
9. Keeney SE, Adcock EW, McArdle CB. Prospective observation of 100 high risk neonates by high field(1.5 Tesla) magnetic resonance imaging of the cranial nervous system. *Pediatrics* 1991; 87: 431-438
10. Barkovich AJ, Truwit CL. Brain damage from perinatal asphyxia: Correlation of MR imagings with gestational age. *AJNR* 1990; 11: 1087-1096
11. Shuman RM, Selednik LJ. Periventricular leukomalacia: A one-year autopsy study. *Arch Neurol* 1980; 37: 231-235

12. Armstrong D, Norman MG. Periventricular leukomalacia in neonates. Complications and sequelae. *Arch Dis Child* 1974;49: 367-375
13. Goldstein RB, Filly RA, Hecht S, Davis S. Noncystic "increased" periventricular echogenicity and other mild cranial sonographic abnormalities: Predictors of outcome in low birth weight infants. *J Clin Ultrasound* 1989;17:553-562
14. De Vires LS, Eken P, Dubwitz LMS. The spectrum of leukomalacia using cranial ultrasound. *Beh Brain Res* 1992;49:1-6
15. Barkovich AJ, Sargent SK. Profound asphyxia in the premature infant: Imaging findings. *AJNR* 1995;16:1837-1846

J Korean Radiol Soc 1997;36:325-330

Early Periventricular Leukomalacia : MRI and Ultrasonographic Correlation on First one Month of Life¹

Hee Gon Kim, M.D., Hwa Sung Lee, M.D., Jee Yeong Park, M.D., Sang Ho Kim, M.M.
Yong Hwa Kwon, M.D., Jung Joo Woo, M.D., Ju Hee Hong, M.D., Yoon Jin Oh, M.D.
Suk Wook Kang, M.D., Soon Yong Kim, M.D., Eun Ryoung Kim, M.D.²

¹Department of Diagnostic Radiology, Sung Ae General hospital

²Department of Pediatrics, Sung Ae General hospital

Purpose : To compare the findings of early periventricular leukomalacia on MR imaging and on US.

Materials and Methods : MR imaging was performed in 17 neonates in whom well-demarcated increased periventricular echogenicity was seen on sonography. One more patient was included during the same period because MR imaging of this patient showed a periventricular lesion not suspected on previous US. Initial sonography was performed within 6 days of birth and was followed up between one week and one month later. MR images were obtained within the first month of life.

Results : Twelve of 17 neonates showed abnormal periventricular signal intensities on MR imaging. Follow up sonography revealed cystic changes in two cases and heterogeneous hyperechogenicities in three. All patients except the two with cystic changes showed normal periventricular echogenicity on final sonography. On MR imaging, 11 cases showed multifocal periventricular increased signals on T1-weighted images, and two showed mainly decreased signals representing cysts. Positive findings were more evident on T1-weighted than on T2-weighted images.

Conclusion : On T1-weighted imaging, the characteristic finding of early periventricular leukomalacia was multifocal periventricular hyper or hypointensities, and hyperintense lesions were more common than hypointense. In the diagnosis of early noncystic periventricular leukomalacia, MR imaging was more objective than US.

Index Words : Brain, MR

Brain, US

Leukomalacia

Magnetic resonance (MR), in infants and children

Ultrasound (US), in infants and children

Address reprint requests to: Hee Gon Kim, M.D., Department of Radiology, Sung Ae General Hospital, # 451-5, Shingil 1 Dong, Yeongdeungpo Gu, Seoul 150-051, Korea. Tel. 82-2-840-7181 Fax. 82-2-840-7755