

# 자기공명영상 T2 강조 횡단면에서 전두엽과 후두엽 백질의 나이에 따른 신호강도의 상대적 변화<sup>1</sup>

김 유 미 · 김 승 철

**목 적 :** 정상 소아에서 전두엽과 후두엽 백질의 신호 강도가 횡단면 T2 강조 영상에서 나이에 따라 상대적으로 어떻게 변화하는지 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법 :** 비특이적인 신경 증상을 주소로 내원하여 MRI를 시행하고 정상으로 판독된 20대 성인 38명과 0세에서 11세까지의 소아 114명을 대상으로 하였다. MRI 검사는 초전도성 1.5T Unit(Signa ; General Electric Medical Milwaukee, USA)를 이용하였다. 전두엽 백질과 후두엽 백질의 신호 강도의 비교는 몬로공 부위의 T2 강조 횡단면에서 하였다. 회질과 백질의 신호 강도를 비교하여 백질의 신호 강도가 더 높은 경우를 등급 0, 백질의 신호 강도가 회질보다 낮은 경우를 등급 I 이상으로 하였다. 후두엽 백질의 신호 강도가 전두엽 백질의 신호 강도보다 더 낮으면 등급 I, 전두엽 및 후두엽 백질의 신호 강도가 비슷하면 등급 II, 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽보다 더 낮으면 III으로 정하였다. 소아의 나이는 2세 미만에서는 6개월 단위로 나누었고, 그 이후는 1년 단위로 나누었는데, 나이별로 소아 백질의 상대적 신호 강도의 차이가 어떤 분포를 나타내는지 알아보았고, 등급별 나이 분포가 어떤지도 알아보았으며, 성인 대조군과 비교하였을 때 성인과 비슷한 양상을 보이는 나이가 어떤지도 알아보았다.

**결 과 :** 대조군인 성인 38명은 모두 등급 III이었다. 성인과 같은 정도의 백질의 수초화 정도 즉 등급 III을 보이기 시작하는 때는 15세부터이며, 50% 이상에서 성인과 같아지는 시기는 3세, 전 예에서 성인과 같아지는 시기는 8세였다. 등급 0의 나이 분포는 0-0.5세, 등급 I의 나이 분포는 0.5-2세, 등급 II의 나이 분포는 1-7세, 등급 III의 나이 분포는 1.5-11세였다.

**결 론 :** 전두엽 백질과 후두엽 백질의 상대적 신호 강도를 비교하였을 때 궁극적으로는 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽 백질의 신호 강도보다 낮아지는 것으로 생각된다.

뇌를 포함하는 신경계는 수정에서부터 출생 후 약 4년까지 그 형태와 기능 발달이 지속되는 역동적인 기관이다(1). 뇌 조직의 발달 중 백질의 수초화는 뇌 성숙의 중요한 과정으로서 소아에서는 뇌 성숙의 지표로 이용된다. 많은 연구에서 2세가 되면 백질의 수초화 정도가 성인과 비슷해진다고 하지만 그것은 백질과 회질의 신호 강도를 비교했을 때의 결과이다(2-5).

저자들은 전두엽 백질과 후두엽 백질의 신호 강도의 상대적 차이를 비교함으로써 백질의 신호강도가 나이에 따라 어떻게 변화되는지 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

1994년 6월 1일부터 1996년 9월까지 비특이적인 신경 증상을 주소로 내원하여 MRI를 시행하고 정상으로 판독된 20세에서 29세의 성인 38명과 0세에서 11세까지의 소아 114명을 대상으로 하였으며 조산, 신생아 가사, 발달 지연, 종양, 선천성 기형 등의 병력이 있는 소아는 제외시켰다. 38명의 성인 중 남자는 20명, 여자는 18명이었고, 소아 114명중 남자는 59명, 여자는 55명이었다.

MRI검사는 초전도성 1.5T Unit(Signa ; General Electric Medical Milwaukee, USA)를 이용하였고, head coil(General Electric Medical Milwaukee, USA)을 전 예에서 사용하였다. 영상 영역은 200mm, 절편 두께는 5mm, 절편 간격은 1.5mm였다. 스핀 에코 방법을 사용하여 T1 강조 횡단면과 시상면

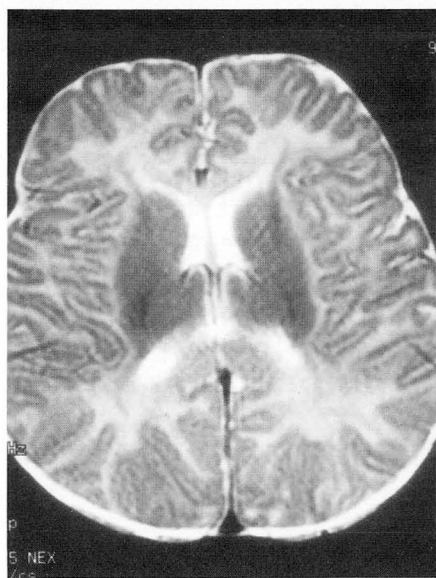
<sup>1</sup> 단국대학병원 진단방사선과학교실  
본 연구는 1998년도 단국대학교 일반 연구비 지원에 의한 것임.  
이 논문은 1997년 7월 29일 접수하여 1998년 2월 2일에 채택되었음.

(TR/TE=200-500/20-30), T2 강조 횡단면(TR/TE=2000-3000/80-100)을 얻고 양자 밀도 횡단면을 얻었다. 전두엽 백질과 후두엽 백질의 신호 강도의 비교는 몬로공 부위의 T2 강조 횡단면에서 하였다.

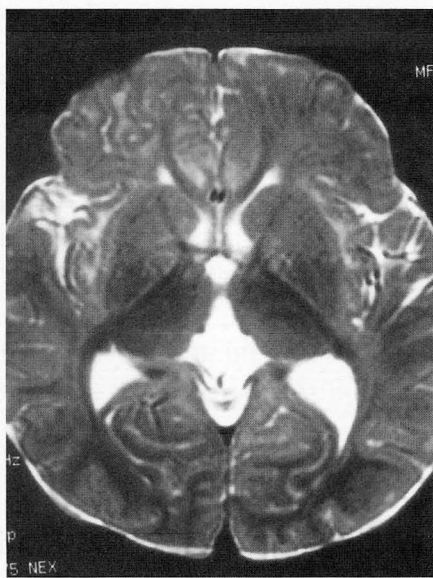
T2 강조 횡단면에서 전두엽과 후두엽 백질의 신호 강도의 비교는 3명의 방사선과 의사가 육안으로 관찰하여 2명 이상 의견의 일치를 보았을 때 정하였다. 회질과 백질의 신호 강도를 비교하여 백질의 신호 강도가 더 높은 경우를 등급 0 이라고 정하였으며(Fig. 1), 백질의 신호 강도가 회질보다 낮아졌을 때를 등급 I 이상으로 하였다. 후두엽 백질의 신호 강도가 전두엽 백질의 신호 강도보다 더 낮은 경우에 등급 I (Fig. 2), 전두엽

및 후두엽 백질의 신호 강도가 비슷한 경우를 등급 II (Fig. 3), 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽보다 더 낮은 경우를 등급 III 이라고 정하였다(Fig. 4). 소아의 나이는 2세 미만에서는 6개월 단위로 나누었고, 그 이후는 1년 단위로 나누었는데, 0세는 12명, 0.5세는 10명, 1세는 5명, 1.5세는 3명, 2세는 13명, 3세는 11명, 4세는 10명, 5세는 9명, 6세는 7명, 7세는 11명, 8세는 7명, 9세는 3명, 10세는 9명, 11세는 4명이었다.

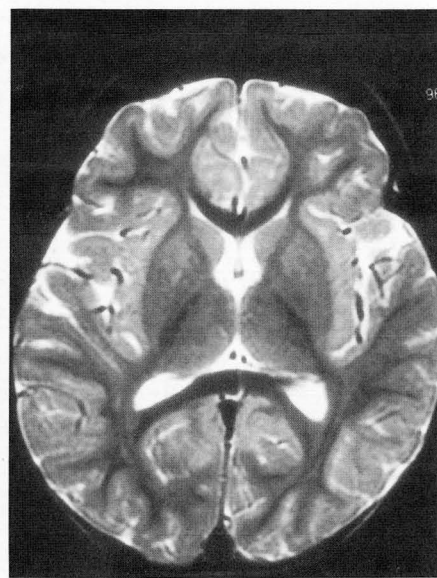
이렇게 해서 나이별로 소아 백질의 상대적 신호 강도의 차이가 어떤 분포를 나타내는 지 알아보았고, 등급별 나이 분포가 어떤지도 알아보았으며, 성인 대조군과 비교하였을 때 성인과 비슷한 양상을 보이는 나이가 어떤지도 알아보았다.



1



2

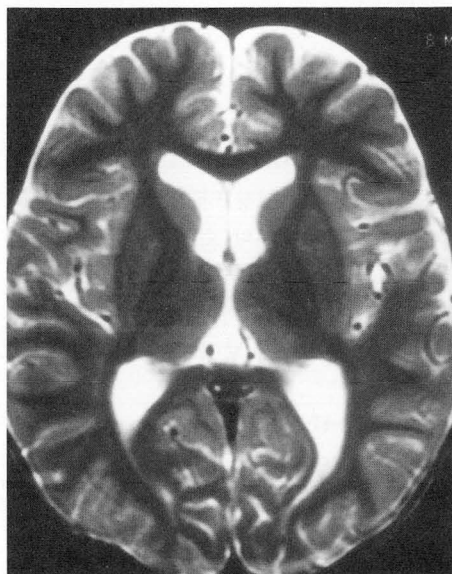


3

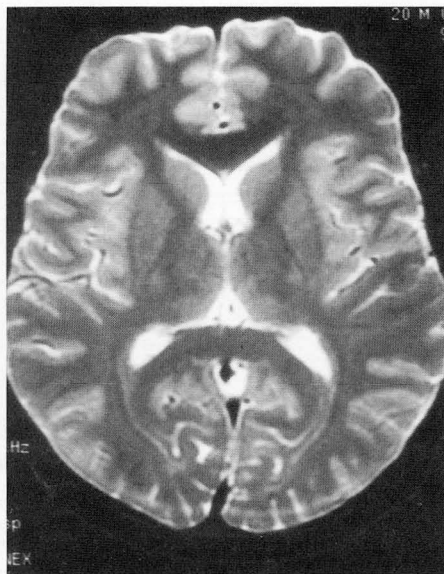
**Fig. 1.** Grade 0. Signal intensity of the white matter is higher than that of the gray matter on T2 weighted image.

**Fig. 2.** Grade I. Signal intensity of the white matter of the occipital lobe is lower than that of the frontal lobe.

**Fig. 3.** Grade II. Signal intensity of the white matter of the occipital lobe is equal to that of the frontal lobe.



4



5

**Fig. 4.** Grade III. Signal intensity of the white matter of the frontal lobe is lower than that of the occipital lobe.

**Fig. 5.** T2 weighted image of normal adult shows grade III pattern.

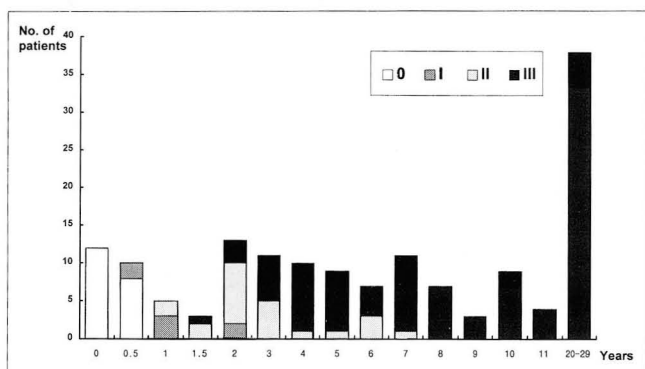


Fig. 6. The distribution of grade of white matter signal intensity according to the age.

## 결 과

소아군에서 0세는 모두 등급 0이었고, 0.5세는 등급 0이 8명, 등급 I이 2명이었었다. 1세는 등급 I이 3명, 등급 II가 2명, 1.5세는 등급 II가 2명, 등급 III이 1명, 2세는 등급 I이 2명, 등급 II가 8명, 등급 III이 3명, 3세는 등급 II가 5명, 등급 III이 6명, 4세는 등급 II가 1명, 등급 III이 9명, 5세는 등급 II가 1명, 등급 III이 8명, 6세는 등급 II가 3명, 등급 III이 4명, 7세는 등급 II가 1명, 등급 III이 10명이었고, 8세 이후는 전 예에서 등급 III을 보였다. 대조군인 성인 38명은 모두 등급 III이었던(Fig. 5).

등급 0의 나이 분포는 0-0.5세, 등급 I의 나이 분포는 0.5-2세, 등급 II의 나이 분포는 1-7세, 등급 III의 나이 분포는 1.5-11세였다.

성인과 같은 정도의 백질의 수초화 정도를 보이기 시작하는 때는 1.5세부터이며, 50% 이상에서 성인과 같아지는 시기는 3세, 전 예에서 성인과 같아지는 시기는 8세였다.

## 고 찰

수초화된 백질은 T1 강조 영상에서 고신호 강도를 보이고 T2 강조 영상에서는 저신호 강도를 보인다. 이유는 수초화가 되면서 지질과 단백질이 증가하고 수분이 감소하기 때문이다. 그러나 생후 첫 8개월까지의 수초화는 지질과 단백질이 증가하는 면이 강하기 때문에 상대적으로 T1 강조 영상이 수초화를 아는데 예민하고, 그 이후는 수분이 감소하는 면이 강하기 때문에 T2 강조 영상이 수초화를 아는데 예민하여, 수초화를 아는데는 8개월 미만에서는 T1 강조 영상, 그 이후에는 T2 강조 영상이 이용된다(6-10).

수초화는 나이에 따라 비교적 일정한 순서로 나타나게 된다. 뇌신경의 수초화는 수태 후 5개월, 하소뇌각은 7개월에 이루어져 이들은 태어났을 때 이미 수초화되어 있게 된다. 중소뇌각과 내포의 후각은 생후 3개월, 내포의 전각과 뇌량은 생후 6-12개월에 수초화가 완성되고, 9-14개월에는 후두엽 백질의 중심부에서 수초화가 나타나기 시작하는데 이는 전방으로 진행되어

18개월이 되면 전두엽 피질하 백질의 변연부까지 수초화가 완성되어 성인과 같아진다는 보고도 있지만(5), 다른 보고에서는 백질의 신호 강도가 성인과 비슷해지는 시기를 후두엽의 피질하 백질은 3세이고, 전두엽 피질하 백질은 약 5세이며, 피질하 백질이 성인의 모양과 거의 같게 되는 때는 초기 청소년기라고 보고하였다(6). 따라서 수초화가 완성되어 성인과 같아지는 시기에 대해서는 아직 논란의 여지가 있다. 본 연구에서는 기존의 연구와는 달리 T2 강조 영상에서 전두엽 백질과 후두엽 백질의 상대적 신호 강도를 비교함으로써 뇌 백질의 발달을 알아보고자 하였다.

본 연구 결과 정상 성인에서 모두 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽 백질의 신호 강도보다 낮은 신호 강도로 관찰되어 전두엽 백질의 수초화가 후두엽 백질보다 더 많이 되는 것을 알 수 있었다. 저자들의 예에서 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽 백질의 신호 강도보다 낮은 성인의 형태를 처음 보인 시기는 1.5세였으며, 50% 이상에서 성인과 같아지는 시기는 3세였으며, 모든 예에서 성인과 같아지는 시기는 8세 이후였다. 등급별 나이 분포는 등급 0은 0-0.5세, 등급 I은 0.5-2세, 등급 II는 1-7세, 등급 III은 1.5-11세로 비교적 다양한 분포를 보였다.

전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽 백질의 신호 강도보다 더 낮아지는 이유에 대해서는 다음과 같은 설명이 가능하다. 백질의 신호 강도에 영향을 미치는 인자로는 단백질과 지질의 증가 및 수분의 감소 이외에도 신경 축삭의 해부학적인 배열에도 영향을 받는 것으로 되어 있다. T2 강조 영상에서 신경 축삭이 치밀하게 배열되어 있는 부위인 뇌량이나 전교련은 덜 치밀한 심부 백질보다 저신호 강도로 보이는데 그 이유는 치밀하게 배열되어 있는 부위에는 간질액이 더 적기 때문이다. 또한 투사 섬유가 연합 섬유보다 더 치밀한데 전두엽에는 이 투사섬유의 비율이 후두엽보다 많기 때문에 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽보다 더욱 낮아지는 것으로 보인다(11).

본 연구는 몇 가지 문제점을 갖고 있는데 소아군이 자원하여 MRI를 시행한 군이 아니기 때문에 100% 정상이라고 이야기하기 곤란하다는 점이다. 그러나 이는 MRI가 너무 고가의 검사이기 때문에 많은 수의 정상아를 대상으로 MRI를 시행할 수 없다는 현실적인 어려움이 있었으며, 각 나이별 대상군의 수가 통계학적으로 처리하기에는 모자람이 있었다. 또한 수초화를 관찰하는데 있어서도 몬로공 부위의 횡단면만을 관찰하였기 때문에 그보다 위쪽이나 아래쪽의 수초화는 반영하지 못한다는 점 그리고 피질하 백질과 심부 백질을 나누어 비교하지 못했다는 점이 한계이다. 그러나 백질의 수초화는 같은 전두엽 심부 백질이라 하더라도 모두 같은 신호 강도를 보이지 않고 다양하게 나타나기 때문에 특정 부위를 관찰하는 방법을 쓸 수 밖에 없었다.

결론적으로 전두엽 백질과 후두엽 백질의 상대적 신호 강도를 비교하였을 때 궁극적으로는 전두엽 백질의 신호 강도가 후두엽 백질의 신호 강도보다 낮아지는 즉 수초화가 더욱 많이 일어나는 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. 홍창의, 고광욱, 김길영 등. 소아과학. 대한교과서주식회사, 1993;771
2. Ritchie JM. *Physiologic basis of conduction in myelinated nerve fibers*. In: Morell P, ed. *Myelin*. 2nd ed. New York: Plenum, 1984;117-195
3. Dietrich RB, Bradley WG, Zaragoza EJ et al. MR evaluation of early myelination pattern in normal and developmentally delayed infants. *AJNR* 1988;9: 69-76
4. Van der Knaap MS, Valk, J. MR imaging of the various stages of normal myelination during the first year of life. *Neuroradiology* 1990;31: 459-470
5. Barkovich AJ, Kjos BO, Jackson DE, Norman D. Normal maturation of the neonatal and infant brain: MR imaging at 1.5 T. *Radiology* 1988;166: 173-180
6. Holland BA, Haas DK, Norman D, Brandt-Zawadzki M, Newton TH. MRI of normal brain maturation. *AJNR* 1986;7: 201-208
7. Bird. CR, Hedberg M, Drayer BP, Keller PJ, Flom RA, Hodak JA. MR assessment of myelination in infants & children: Usefulness of marker sites. *AJNR* 1989;10: 731-740
8. Johnson MA, Pennock JM, Bydder GM et al. Clinical NMR imaging of the brain in children: normal and neurologic disease. *AJR* 1983;142: 1005-1018
9. Bottomley PA, Hart HR Jr, Edelstein WA et al. Anatomy and metabolism of the normal human brain studied by magnetic resonance at 1.5 tesla. *Radiology* 1984;150: 441-446
10. Kamman RL, Go KG, Muskiet FAJ, Stomp GP, Van Dijk P, Berendsen HJC. Proton spin relaxation studies of fatty tissue and cerebral white matter. *Magn Reson Imaging* 1984;2: 211-220
11. Cowley RA. Influence of fiber tracts on the CT appearance of cerebral edema: Anatomic-pathologic correlation. *AJNR* 1983;4: 915-925

J Korean Radiol Soc 1998;38:741-744

## Relative Signal Intensity Changes of Frontal and Occipital White Matters on T2 Weighted Axial MR Image : Correlation with Age<sup>1</sup>

You Me Kim, M.D., Seung Cheol Kim, M.D.

<sup>1</sup> Department of Radiology, Dankook University Hospital

**Purpose:** To assess relative signal intensity changes in frontal and occipital white matter with age, as seen on T2 weighted axial MR images.

**Materials and Methods:** Thirty eight normal adults (20-29 years old) and 114 children (0-11 years old) were investigated. All had nonspecific neurologic symptoms and their MR images, obtained using a 1.5T system (Signa, GE Medical Systems, Milwaukee, U.S.A), appeared to be normal. The signal intensities of frontal and occipital white matter were evaluated on T2 weighted axial images at the level of the foramen of Monro. When the signal intensity of white matter was higher than that of gray matter, grade 0 was assigned; when the opposite situation pertained, this was graded I-III. Grade I indicated that the signal intensity of occipital white matter was lower than that of frontal white matter; grade II, that the signal intensity of white matter of both lobes was similar. When the signal intensity of frontal white matter was lower than that of occipital white matter, grade III was assigned. We divided the children's age by six months before 2 years of age, and by one year after 2 years of age, and then determined grade according to age, age distribution according to grade, and the ages at which signal intensities were similar to those of adults.

**Results:** All 38 adults showed a grade III pattern; this grade was apparent as early as 1.5 years of age and by 3 years of age, it was seen in over 50% of children. After 8 years of age, all children were grade III. The age distribution of grade 0 was 0-0.5 years of age, for grade I this was 0.5-2 years of age, for grade II it was 1-7, and for grade III, it was 1.5-11.

**Conclusion:** On T2-weighted MR images, the signal intensity of frontal white matter ultimately shows a lower signal intensity than that of occipital white matter.

**Index words:** Brain, MR

Brain, white matter

Magnetic resonance(MR), in infants and children